Y. Lourié

AIDE-MÉMOIRE DE CHIMIE ANALYTIQUE

Éditions Mir Moscou

Ю.Ю. ЛУРЬЕ

СПРАВОЧНИК ПО АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Издательство
«Химия» • Москва

Aide-mémoire de chimie analytique

---

par YOULI LOURIÉ

docteur ès sciences chimiques

A l'usage

des chimistes, ingénieurs,

élèves des écoles techniques

Editions Mir • Moscou

Traduit du russe par
A. Krjijevski

Table des matières

Notes préliminaires 9

Tableau 1. Masses atomiques des éléments 15

Tableau 2. Eléments radioactifs 20

Tableau 3. Rayons ioniques 21

Tableau 4. Potentiels d'ionisation des atomes et des ions 27

Tableau 5. Structures des couches électroniques extérieures, potentiels ioniques et groupes analytiques de cations (selon Block) 30

Tableau 6. Masses atomiques, masses moléculaires, masses de groupes d'atomes et leurs logarithmes 31

Tableau 7. Facteurs analytiques et stœchiométriques 80

Tableau 8. Solubilités de certains composés minéraux et organiques dans l'eau ... 89

Tableau 9. Solubilités de certains composés minéraux dans des solvants organiques à 18-25 °C 120

Tableau 10. Produits de solubilité de principaux corps peu solubles 125

Tableau 11. Coefficients d'activité de divers ions 140

Tableau 12. Coefficients d'activité de divers ions pour des valeurs élevées de la force ionique de la solution 142

Tableau 13. Jaugeage de la verrerie 143

Tableau 14. Calculs des résultats des dosages volumétriques 145
- A. Titrages acide-base (acidimétrie et alcalimétrie) 145
- B. Dosages d'oxydo-réduction (permanganatométrie, chromatométrie, iodométrie, bromatométrie, cérimétrie, etc.) 148
- C. Méthodes de précipitation et de formation des complexes 154
- D. Méthodes de titrage par la complexone III 155

Tableau 15. Réactifs dissimulants dans le titrage par la complexone III 158

Tableau 16. Calcul des résultats des dosages gazométriques 162
- A. Volume de gaz ramené aux conditions normales 164
- B. Pression de vapeur d'eau au-dessus de l'eau et des solutions absorbantes 181

C. Densités des gaz et des vapeurs (ϱ) 182
D. Dosage gazométrique (volumétrique) des substances formant des gaz ... 184

Tableau 17. Relations entre différents modes d'expression des concentrations 186

Tableau 18. Densités et concentrations des solutions 188
A. Densités et concentrations des solutions d'acide nitrique 188
B. Densités et concentrations des solutions d'acide sulfurique 190
C. Densités et concentrations des solutions d'acide chlorhydrique 193
D. Densités et concentrations des solutions d'acide phosphorique 194
E. Densités et concentrations des solutions d'acide perchlorique 197
F. Densités et concentrations des solutions d'acide acétique 199
G. Densités et concentrations des solutions de potasse 200
H. Densités et concentrations des solutions de soude 202
I. Densités et concentrations des solutions d'ammoniac 204
J. Densités et concentrations des solutions de carbonate de sodium 205
K. Densités et concentrations de certains réactifs commerciaux 206

Tableau 19. Indicateurs de *p*H ou acide-base les plus importants 207

Tableau 20. Produit ionique de l'eau aux températures de 0 à 100 °C 232

Tableau 21. Dosage colorimétrique du *p*H des solutions 233

Tableau 22. Constantes de dissociation des indicateurs (pK_1 à différente force ionique) 234
A. Indicateurs unicolores 234
B. Indicateurs bicolores 235

Tableau 23. Certains indicateurs mixtes 236

Tableau 24. Indicateurs universels 239

Tableau 25. Indicateurs de fluorescence les plus importants 241

Tableau 26. Certains indicateurs de chimiluminescence 250

Tableau 27. Indicateurs d'absorption les plus importants 252

Tableau 28. Indicateurs de complexométrie les plus utilisés 256

Tableau 29. Conversion de l'indice d'hydrogène (*p*H) en activité des ions hydrogène (a_{H^+}) et inversement 292

Tableau 30. Préparation des solutions tampons 293
A. Solutions tampons au *p*H de 1,10 à 3,50 ($HCl—NH_2CH_2COOH$) 294
B. Solutions tampons au *p*H de 1,10 à 4,96 ($HCl—NaH_2C_6H_5O_7$) 295
C. Solutions tampons au *p*H de 2,20 à 3,80 ($HCl—KHC_8H_4O_4$) 296
D. Solutions tampons au *p*H de 4,00 à 6,20 ($NaOH—KHC_8H_4O_4$) 297
E. Solutions tampons au *p*H de 4,96 à 6,69 ($NaOH—NaH_2C_6H_5O_7$) 298
F. Solutions tampons au *p*H de 4,80 à 8,00 ($KH_2PO_4—Na_2HPO_4$) 298
G. Solutions tampons au *p*H de 7,71 à 9,23 ($Na_2B_4O_7—HCl$) 300
H. Solutions tampons au *p*H de 9,23 à 11,02 ($Na_2B_4O_7—NaOH$) 300
I. Solutions tampons au *p*H de 8,53 à 12,90 ($NH_2CH_2COOH—NaOH$) ... 301

Tableau 31. Solutions tampons acéto-acétiques 303

Tableau 32. Mélange tampon universel 304

Tableau 33. Solutions tampons à partir des substances individuelles 305

Tableau 34. Détermination des potentiels d'électrode 306
A. Valeurs de θ pour $n = 1$ et aux températures de 0 à 50 °C 309
B. Composition et potentiel de certaines électrodes de référence par rapport à l'électrode normale à hydrogène 309

Tableau 35. Détermination électrométrique du *p*H 311
A. Potentiel normal d'électrode à quinhydrone ($E^{0}_{quin/hydr}$) aux températures de 0 à 50 °C $E_{quin/hydr} = 0{,}7175 - 0{,}00074$ V 313
B. Potentiels d'électrode au calomel aux températures de 0 à 50 °C 314
C. Différence entre le potentiel normal d'électrode à quinhydrone ($E^{0}_{quin/hydr}$) et les potentiels d'électrode de référence au calomel (E_{EC}) aux températures de 0 à 50 °C 315

Tableau 36. *p*H de précipitation des hydroxydes de métaux (valeurs approximatives compte tenu de la formation des hydroxocomplexes) 316

Tableau 37. Constantes de dissociation des acides et des bases les plus importants 317

Tableau 38. Constantes d'instabilité des ions complexes 326
A. Complexes avec les ligands minéraux 327
B. Complexes avec les ligands organiques 340

Tableau 39. Mobilité de certains ions à 25 °C et en dilution infinie 346

Tableau 40. Potentiels normaux d'oxydation (E^{0}) par rapport au potentiel d'électrode normale à hydrogène à 25 °C 347

Tableau 41. Indicateurs d'oxydo-réduction les plus importants 366
A. Indicateurs dont le comportement dépend peu du *p*H et de la force ionique d'une solution 366
B. Indicateurs sensibles à la variation de *p*H et de force ionique d'une solution 370

Tableau 42. Longueurs d'onde du spectre et colorations correspondantes 376

Tableau 43. Méthodes photométriques de dosage de divers ions 377

Tableau 44. Propriétés de certains solvants 392

Tableau 45. Extraction par les solvants organiques 398
A. Extraction de divers éléments sous forme de dithizonates (*Dz:* ion dithizone) 398
B. Extraction de divers éléments sous forme de diéthyldithiocarbamates ... 404
C. Extraction de divers éléments sous forme de cupferronates 406
D. Extraction de divers éléments sous forme d'oxyquinoléates 408
E. Extraction de divers éléments à partir des acides chlorhydrique, bromhydrique, iodhydrique et nitrique par le volume égal d'éther éthylique .. 410

Tableau 46. Séparation des composés organiques 411
A. Classification des composés individuels d'après leur comportement vis-à-vis de certains réactifs 411
B. Constitution des groupes 413
C. Divers composés organiques classés par les groupes principaux 416
D. Composés répandus dont la position dans les groupes est difficile de prévoir 418
E. Séparation des mélanges 422

Tableau 47. Substances utilisées pour la dessication 424
A. Dessication des gaz 424
B. Dessication des liquides 425

Tableau 48. Préparation des hydrostats 426

Tableau 49. Réactifs organiques les plus importants 428
A. Réactifs mis dans l'ordre alphabétique 428
B. Eléments à doser mis dans l'ordre alphabétique 478

Tableau 50. Echelle des tamis 483

Tableau 51. Valeurs des potentiels des demi-vagues polarographiques sur l'électrode à goutte de mercure 484

Tableau 52. Conditions du titrage ampérométrique de certaines substances (selon Songuina) 490

Tableau 53. Conditions du titrage ampérométrique avec deux électrodes indicatrices polarisées (selon Songuina) 512

Tableau 54. Surtension de l'hydrogène et de l'oxygène sur les électrodes différentes 528

Tableau 55. Potentiel de décomposition des solutions 1 N de certains composés ... 530

Tableau 56. Photométrie des flammes 531

Tableau 57. Conversion des unités anglaises et américaines en unités métriques 532

Tableau 58. Table simplifiée des mantisses à cinq chiffres de logarithmes 534

A. Logarithmes 534

B. Antilogarithmes 542

Appendices 550

Index 573

Notes préliminaires

L'expression numérique des résultats de pesées effectuées et d'autres mesures ainsi que les calculs ultérieurs utilisant ces valeurs numériques nécessitent de suivre les règles ci-après.

Règle 1

Toutes les valeurs numériques, aussi bien celles directement données par les mesures que leurs dérivées, doivent inclure un nombre de chiffres significatifs tel que seul le dernier chiffre serait incertain, l'avant-dernier étant précis.

La valeur 20,24 ml, par exemple, qui traduit les indications d'une burette ordinaire, renferme le nombre exigé de chiffres, car le chiffre 4 est obtenu par évaluation approximative, tirée au jugé, d'une distance entre le bord du ménisque et la division d'échelle la plus proche. Donc, ce chiffre est incertain, un autre observateur pourrait lire l'indication de cette burette tout autrement : 20,23 ou 20,25 ml. Si lors du prélèvement d'une solution à l'aide d'une burette, le bord inférieur du ménisque a touché exactement la division d'échelle indiquant 15 ml, le résultat de la mesure sera exprimé par la valeur 15,00 ml, l'erreur d'observation ne dépassant pas 0,01-0,02 ml. Les deux zéros dans le nombre 15,00 sont des chiffres significatifs. Les zéros figurant en tête du nombre jusqu'au premier chiffre non nul ne sont pas considérés comme chiffres significatifs. Ainsi, le nombre qui exprime la masse des cendres d'un filtre — 0,00004 g — ne renferme qu'un seul chiffre significatif — 4.

Si la masse est déterminée en grammes et exprimée par le nombre 23,4 dans lequel le dernier chiffre est contestable et que l'on désire de représenter cette masse en milligrammes, il faudra écrire $234 \cdot 10^2$ mg ou bien $2,34 \cdot 10^4$ mg et non pas 23 400 mg, ce qui donnerait une fausse notion sur la précision de la pesée.

Règle 2

Dans le cas où le dernier chiffre est à rejeter, celui-ci étant égal ou supérieur à 5, il faut augmenter de 1 le chiffre précédent. De la sorte le rejet du dernier chiffre dans le nombre 16,236 fournit 16,24.

Règle 3

Le nombre de chiffres après la virgule présenté dans les résultats d'un calcul (addition ou soustraction) correspond à leur nombre dans le terme renfermant le nombre minimal de décimales.

Règle 4

L'erreur relative limite du produit ou du quotient ne peut être inférieure à celle dans le nombre le moins précis parmi les nombres à opérer.

Les erreurs relatives sont généralement exprimées en p.cent, autrement dit c'est le rapport multiplié par 100 de l'erreur maximale possible du nombre au nombre lui-même. S'il s'agit, par exemple, de multiplier $0{,}0123 \cdot 24{,}62 \cdot 1{,}07461$ et si l'on adopte que l'erreur maximale absolue ne dépasse pas l'unité en dernière décimale dans chacun de ces nombres, les erreurs relatives correspondantes seront de

$$\frac{1}{123} \cdot 100 = 0{,}8\ \%$$

$$\frac{1}{2\,462} \cdot 100 = 0{,}04\ \%$$

$$\frac{1}{107\,461} \cdot 100 = 0{,}001\ \%$$

Le premier nombre a l'erreur relative la plus grande (0,8 %). L'erreur du produit ne sera donc pas inférieure à 0,8 %. Si l'on laisse dans le produit les trois premiers chiffres significatifs — 0,325, le dernier chiffre sera alors incertain, car 0,8 % de 0,325 font environ 0,003.

Dans les cas où l'on suit la Règle 1, c.-à-d. où tous les nombres mis en calcul ne renferment qu'un seul chiffre incertain, on peut accepter la Règle 4,a (qui est plus simple, mais moins exacte).

Règle 4,a

Il importe de laisser dans le résultat d'une multiplication ou d'une division le nombre de chiffres significatifs égal à leur nombre dans celui des termes mis en calcul qui en renferme le moins.

Dans l'exemple ci-dessus le premier des facteurs a trois chiffres significatifs, le deuxième et le troisième en ont respectivement 4 et 6. Donc, on doit laisser dans le produit 3 chiffres significatifs et rejeter les autres ; le résultat sera 0,325.

Règle 5

Dans tous les résultats intermédiaires il importe de laisser un chiffre de plus que l'exigent les règles citées plus haut. On rejette ce « chiffre de réserve » en recherchant un résultat définitif.

Règle 6

Si certaines valeurs ont plus de décimales (addition ou soustraction) ou plus de chiffres significatifs (multiplication ou division) que toutes les autres, il est nécessaire de les arrondir préalablement en laissant un chiffre de plus (voir Règle 5).

Règle 7

Si l'on effectue une multiplication ou une division à l'aide de logarithmes, le nombre de décimales dans les mantisses doit être égal au nombre de chiffres significatifs dans le facteur le moins précis.

Ainsi, en effectuant la majorité de calculs, on peut se reporter à la table de logarithmes donnée p. 534.

A côté d'une précision démesurée et d'ailleurs non justifiée des calculs (une longue série de chiffres après la virgule dans le cas où le premier est déjà incertain, l'utilisation des tables de logarithmes de plusieurs chiffres, etc.), une autre erreur est caractéristique des calculs : la précision exagérée de certaines mesures qui conduit à trouver des chiffres inutiles qui seront de toute façon rejetés lors des calculs ultérieurs (si ces calculs seront réalisés d'une manière correcte).

Les analystes effectuent, dans la règle, toutes les pesées en utilisant la balance analytique à 0,0001 g près et ils restent longtemps devant la balance en déterminant un chiffre précis dans la quatrième décimale. Cependant une telle précision est souvent inutile. En voici quelques exemples :

1. Il est à déterminer la teneur du cuivre rouge en antimoine qui ne doit pas dépasser 0,003 %. Pour l'analyse on prend une prise d'essai de cuivre de 10 g. Avec quelle précision faut-il peser les copeaux de cuivre?

Le résultat obtenu ne doit renfermer que deux chiffres significatifs, car pour la teneur en Sb de 0,0031 %, le cuivre est à mettre au rebut. On n'a pas besoin de haute précision, d'ailleurs elle n'est pas réalisable par des procédés d'analyse utilisés. Ainsi, l'erreur absolue maximale du résultat

final est de ± 0,0001 %, ce qui fera ± 3,3 % de teneur maximale admissible du métal en Sb. On effectue le calcul à partir de la formule suivante :

$$x = \frac{a \cdot 100\ \%}{g}$$

où a est la teneur en antimoine trouvée ;
g, la prise d'essai.

Si l'on prend une prise d'essai de cuivre à un dixième de gramme près (± 0,1 g), cela pourra conduire à une erreur relative de ± 1 % par rapport à la prise d'essai de 10 g, ce qui est beaucoup inférieur à ± 3,3 %. Autrement dit, si l'on pèse 9,9 g ou 10,1 g de cuivre mais pas 10 g, cela amènera, pour la teneur en Sb de 0,30 mg, à 0,00303 % dans le premier cas, et à 0,00297 % dans le deuxième, ces valeurs, dans les deux cas, seront arrondies à 0,0030 %. Donc, on peut effectuer cette pesée avec une balance technique à 0,1 g près.

2. La précision des méthodes colorimétriques (s'il s'agit de déterminer la densité optique des solutions visuellement et non pas à l'aide d'un photocolorimètre ou un spectrophotomètre) ne dépasse pas généralement ± 5 % relatifs, et dans une série de procédés l'erreur relative atteint ± 10 % et encore plus. Selon la Règle 4, la précision d'un résultat ne peut dépasser celle de la mesure la moins précise, c'est pourquoi malgré la précision rigoureuse de pesée d'une prise d'essai pour l'analyse, dans le cas où cette analyse est achevée par un dosage colorimétrique, la précision du résultat ne dépassera pas ± 5 % indiqués. De ce fait, si en pesant 1 g de prise d'essai pour l'analyse, on opère à ± 0,01 g près, c.-à-d. avec l'erreur relative limite de ± 1 %, une telle précision est plus que suffisante.

Les méthodes colorimétriques visuelles ne sont utilisées que pour déterminer les constituants qui sont présents dans une substance à étudier en quantités infimes, lorsqu'une erreur relative importante dans le résultat final est admissible. Mais en dosant le fer dans un minerai ferrifère par la méthode colorimétrique visuelle, on fait intervenir une erreur inadmissible dans le résultat final.

Remarque. Il ne faut pas penser que lors du dosage de faibles quantités de substance quelconque, les méthodes colorimétriques cèdent en précision à d'autres méthodes. Si, dans l'exemple précédent, on déterminait Sb par la méthode gravimétrique et non pas par la méthode colorimétrique (comme cela est réalisé d'habitude), on devrait peser environ 0,0003 g de Sb_2O_4, ce que l'on ne pourrait guère réaliser avec une erreur limite inférieure à ± 30 % relatifs en utilisant une balance analytique ordinaire. De plus, on n'y rend pas compte d'une inévitable erreur importante due à la présence d'impuretés dans le précipité calciné, l'erreur que l'on ne pourrait éliminer même en se servant d'une microbalance.

3. Dans les calculs des résultats des dosages volumétriques le nombre le moins précis est celui de millilitres de solution titrante. Les centièmes de millilitre étant fixés approximativement, on peut adopter que l'erreur maximale de jaugeage imprécis ne dépasse pas ± 0,02 ml. L'erreur due à l'étalement des gouttes sur les parois d'une burette est également de ± 0,02 ml. Ainsi, l'erreur totale peut atteindre 0,04 ml *. Pour la dépense d'une solution titrante de 20 ml, cela fera 0,2 % relatif. Il en résulte qu'en prenant 1 g de substance pour l'analyse, on peut bien effectuer la pesée à 1 mg près; cela revient à l'erreur relative de ± 0,5 mg ou 0,05 %. Si le titrage consomme une quantité de solution titrante inférieure à 20 ml, il suffit une précision de pesée plus faible encore.

Mais pour la *mise en titre* il est nécessaire d'effectuer la pesée d'une substance initiale à l'unité près dans la quatrième décimale, car dans ce cas la prise d'essai ne pèse qu'environ 0,2 mg et le titrage consomme environ 40 ml de solution titrante.

Si l'on cherche à obtenir une précision plus haute des méthodes volumétriques, il faut remplacer les burettes ordinaires par des burettes gravimétriques **, dont l'emploi permet d'éviter les erreurs dues au jaugeage imprécis, à l'étalement des gouttes sur les parois d'une burette et à la différence de température. C'est la pesée d'une prise d'essai qui devient alors l'opération la moins précise et il faut l'effectuer avec l'erreur relative qui est définie par une précision caractérisant le résultat final (±0,01 % et moins).

Tout ce qui vient d'être dit ne doit pas aboutir à conclure qu'il faut toujours peser la prise d'essai à ± 1 mg près. Au contraire, il y a des cas où il est nécessaire d'utiliser pour l'analyse toute la précision que la balance analytique puisse fournir et où même la précision de la microbalance n'est pas suffisante. En voici deux exemples.

4. La teneur du cuivre rouge électrolytique en cuivre doit être de 99,95 %. Il s'agit d'effectuer le dosage analytique de Cu par électrolyse. Avec quelle précision faut-il réaliser la pesée?

L'erreur du résultat final ne doit pas dépasser ± 0,004 %. Aussi une haute précision doit-elle être assurée lors du prélèvement d'une prise d'essai de cuivre rouge ainsi que lors de la pesée de l'électrode de platine faite avant et après le dépôt du cuivre sur celle-ci. Si l'on prélève 1 g de prise d'essai, l'erreur relative sera égale à ± 0,02 %, ce qui dépassera fortement l'erreur admissible même à condition que la précision de pesée avec une balance analytique soit maximale : ± 0,2 mg. C'est pour cette raison qu'il faut utiliser une balance dont la précision est plus haute que celle d'une

---

* Voir Kolthoff I. M. and Sandell E. B. *Textbook of quantitative inorganic analysis*. N. Y., Macmillan, 1946.

** Voir Kolthoff I. M. and Sandell E. B. *Textbook of quantitative inorganic analysis*. N. Y., Macmillan, 1946 ; Kolthoff I. M. and Stenger V. A. *Volumetric analysis*. v. II. Titration methods. N. Y.-L., Interscience publishers, 1947.

balance analytique ordinaire ou bien prendre pour analyse pas moins de 5 g de substance à analyser (ce qu'on fait d'habitude).

5. Supposons qu'il s'agit de doser Zn dans un alliage au cuivre-zinc dont la teneur en zinc est d'environ 20 %. Du fait que l'analyste a à sa disposition une faible quantité de copeaux et en prenant en considération certains avantages que présente la manipulation avec des quantités infimes de substance, on prélève une prise d'essai de 0,02 g. L'analyse est terminée par pesée du précipité sous forme de $Zn_2P_2O_7$. Avec quelle précision faut-il effectuer les pesées?

Le résultat final doit être exprimé avec la précision aux centièmes de p.cent près (19,84 % par exemple), c.-à-d. avec l'erreur admissible de ± 0,01 % à ± 0,05 % relatif. La même précision doit être assurée par la pesée du métal et du précipité calciné de $Zn_2P_2O_7$. La pesée étant de 20 mg, la valeur ± 0,05 % fera ± 0,01 mg. Le même pourcentage par rapport à la masse du précipité calciné (8 mg) est encore plus faible, ± 0,004 mg environ. Mais la balance microchimique fournit l'erreur ne dépassant pas ± 0,01 mg. Donc, dans le cas donné même la pesée avec une balance microchimique n'assure pas la précision requise.

Tableau 1

Masses atomiques des éléments

Les masses atomiques de divers éléments ont été calculées avec la précision différente, ce qui se traduit par le nombre différent de décimales après la virgule. Si le nombre représentant la masse atomique se termine avec un ou plusieurs zéros, ceux-ci sont dans ce cas des chiffres significatifs puisqu'ils définissent la précision avec laquelle on a calculé la masse atomique d'un élément donné (voir Règle 1, p. 9).

Lors du calcul des résultats des analyses chimiques ceux-ci ne sont pas à exprimer avec la précision qui dépasserait celle requise pour déterminer la masse atomique. Cette limitation s'impose surtout lorsqu'on cherche à identifier certains éléments du groupe du platine ou certains lanthanides ainsi que le rhénium.

Le *Tableau 1* représente les masses atomiques relatives établies en 1965 par la Commission des masses atomiques de l'Union Internationale de la Chimie pure et appliquée (U. I. C. P. A.). Par décision de cette Commission l'ancienne « unité chimique d'oxygène » de masse atomique (1/16 de masse atomique moyenne du mélange isotopique naturel d'atomes d'oxygène) est remplacée par l' « unité physique de carbone » (1/12 de masse d'atome isotopique de carbone ^{12}C).

Le dernier chiffre du nombre exprimant la masse atomique de tous les éléments, sauf énumérés ci-dessous, est exact à ±0,5.

Les masses atomiques de six éléments ci-après sont aux limites des erreurs suivantes : bore ±0,003 ; carbone ±0,00005 ; hydrogène ±0,00001 ; oxygène ±0,0001 ; silicium ±0,001 ; soufre ±0,003.

La raison de ces écarts est la variation des compositions isotopiques naturelles des éléments indiqués.

A cause des erreurs expérimentales dans la détermination des masses atomiques de six éléments ci-dessous, celles-ci sont données aux limites des erreurs suivantes : argent ±0,001 ; brome ±0,001 ; chlore ±0,001 ; chrome ±0,001 ; cuivre ±0,001 ; fer ±0,003.

Les masses atomiques des éléments radioactifs ne sont indiquées que pour le thorium et l'uranium, pour les autres éléments radioactifs on met entre crochets le nombre de masse de l'isotope ayant la période la plus longue.

Tableau 1 (suite)

Symbole	Numéro atomique	Elément	Masse atomique *a*	lg *a*
Ac	89	Actinium	[227]	35 603
Ag	47	Argent	107,868	03 289
Al	13	Aluminium	26,9815	43 106
Am	95	Américium	[243]	38 561
Ar	18	Argon	39,948	60 150
As	33	Arsenic	74,9216	87 461
At	85	Astate	[210]	32 222
Au	79	Or	196,967	29 440
B	5	Bore	10,811	03 387
Ba	56	Baryum	137,34	13 780
Be	4	Béryllium	9,01[illegible]2	95 483
Bi	83	Bismuth	20[illegible]80	32 010
Bk	97	Berkélium	[247]	39 620
Br	35	Brome	79,904	90 257
C	6	Carbone	12,01115	07 958
Ca	20	Calcium	40,08	60 293
Cd	48	Cadmium	112,40	05 077
Ce	58	Cérium	140,12	14 650
Cf	98	Californium	[252]	41 040
Cl	17	Chlore	35,453	54 965
Cm	96	Curium	[247]	39 270
Co	27	Cobalt	58,9332	77 036
Cr	24	Chrome	51,996	71 597
Cs	55	Césium	132,905	12 354
Cu	29	Cuivre	63,546	80 309
Dy	66	Dysprosium	162,50	21 085
Er	68	Erbium	167,26	22 340
Es	99	Einsteinium	[254]	40 483
Eu	63	Europium	151,96	18 173
F	9	Fluor	18,9984	27 872

Tableau 1 (suite)

Symbole	Numéro atomique	Elément	Masse atomique a	lg a
Fe	26	Fer	55,847	74 700
Fm	100	Fermium	[257]	40 993
Fr	87	Francium	[223]	34 830
Ga	31	Gallium	69,72	84 336
Gd	64	Gadolinium	157,25	19 659
Ge	32	Germanium	72,59	86 088
H	1	Hydrogène	1,00797	00 345
He	2	Hélium	4,0026	60 235
Hf	72	Hafnium	178,49	25 162
Hg	80	Mercure	200,59	30 231
Ho	67	Holmium	164,930	21 730
I	53	Iode	126,9044	10 348
In	49	Indium	114,82	06 002
Ir	77	Iridium	192,2	28 375
K	19	Potassium	39,102	59 220
Kr	36	Krypton	83,80	92 324
Ku	104	Kurchatovium	[264]	42 160
La	57	Lanthane	138,91	14 273
Li	3	Lithium	6,939	84 130
Lr	103	Lawrencium	[256]	40 824
Lu	71	Lutécium	174,97	24 297
Md	101	Mendélévium	[257]	40 993
Mg	12	Magnésium	24,305	38 570
Mn	25	Manganèse	54,9380	73 987
Mo	42	Molybdène	95,94	98 200
N	7	Azote	14,0067	14 634
Na	11	Sodium	22,9898	36 154
Nb	41	Niobium	92,906	96 804
Nd	60	Néodyme	144,24	15 909
Ne	10	Néon	20,179	30 490
Ni	28	Nickel	58,71	76 871

Tableau 1 (suite)

Symbole	Numéro atomique	Elément	Masse atomique *a*	lg *a*
No	102	Nobélium	[255]	40 654
Np	93	Neptunium	[237]	37 475
O	8	Oxygène	15,9994	20 410
Os	76	Osmium	190,2	27 921
P	15	Phorsphore	30,9738	49 099
Pa	91	Protactinium	[231]	36 361
Pb	82	Plomb	207,19	31 637
Pd	46	Palladium	106,4	02 694
Pm	61	Prométhium	[145]	16 137
Po	84	Polonium	[210]	32 222
Pr	59	Praséodyme	140,907	14 893
Pt	78	Platine	195,09	29 024
Pu	94	Plutonium	[244]	38 739
Ra	88	Radium	[226]	35 411
Rb	37	Rubidium	85,47	93 181
Re	75	Rhénium	186,2	26 998
Rh	45	Rhodium	102,905	01 244
Rn	86	Radon	[222]	34 635
Ru	44	Ruthénium	101,07	00 462
S	16	Soufre	32,064	50 602
Sb	51	Antimoine	121,75	08 547
Sc	21	Scandium	44,956	65 279
Se	34	Sélénium	78,96	89 741
Si	14	Silicium	28,086	44 849
Sm	62	Samarium	150,35	17 711
Sn	50	Etain	118,69	07 441
Sr	38	Strontium	87,62	94 260
Ta	73	Tantale	180,948	25 755
Tb	65	Terbium	158,924	20 119
Tc	43	Technétium	[99]	99 564

Tableau 1 (suite)

Symbole	Numéro atomique	Elément	Masse atomique a	lg a
Te	52	Tellure	127,60	10 585
Th	90	Thorium	232,038	36 556
Ti	22	Titane	47,90	68 034
Tl	81	Thallium	204,37	31 042
Tm	69	Thulium	168,934	22 772
U	92	Uranium	238,03	37 663
V	23	Vanadium	50,942	70 708
W	74	Tungstène	183,85	26 446
Xe	54	Xénon	131,30	11 826
Y	39	Yttrium	88,905	94 893
Yb	70	Ytterbium	173,04	23 815
Zn	30	Zinc	65,37	81 538
Zr	40	Zirconium	91,22	96 009

Tableau 2

Eléments radioactifs

Symbole	Nombre atomique Z	Nombre de masse de l'isotope à plus longue période	Période	Rayonnement
Ac	89	227	22 a	α, β^-
Am	95	243	$7{,}8\cdot10^3$ a	α
At	85	210	8,3 h	Capture électronique, α
Bk	97	247	1400 a	α
Cf	98	252	360 a	α
Cm	96	247	$1{,}6\cdot10^7$ a	α
Es	99	254	270 j	α
Fm	100	257	3 j	Capture électronique, α
Fr	87	223	22 mn	α, β^-
Lr	103	256	8 s	α
Md	101	257	1,5 h	Capture électronique
No	102	255	$\sim$8 s	α
Np	93	237	$2{,}1\cdot10^6$ a	α
Pa	91	231	$3{,}2\cdot10^4$ a	α
Pm	61	145	18 a	β^-
Po	84	210	138,4 j	α
Pu	94	242	$3{,}8\cdot10^5$ a	α
Ra	88	226	1622 a	α
Rn	86	222	3,83 j	α
Tc	43	99	$2{,}1\cdot10^5$ a	β^-
Th	90	232	$1{,}4\cdot10^{10}$ a	α
U	92	238	$4{,}5\cdot10^9$ a	α

Tableau 3

Rayons ioniques

Les valeurs des rayons ioniques sont données en angstrœms (Å) pour une coordinence 6. Dans le cas où la coordinence est égale à 4, il y a correction de −6 %, pour une coordinence 8, la correction vaut +3 % et pour une coordinence 12, elle fait +12 %.

Elément	Charge ionique	Valeur du rayon (Å)			
		selon Goldschmidt	selon Pauling	selon Bélov et Boky	selon d'autres données
Ac	+3	–	–	1,11	1,19
Ag	+1	1,13	1,26	1,13	–
Al	+3	0,57	0,50	0,57	–
Am	+4	–	–	0,85	
	+3	–	–	1,00	0,99
As	+5	–	0,47	0,47	
	+3	0,69	–	0,69	0,58
	−3	–	2,22	1,91	–
	+4	–	–	–	0,89
Au	+3	–	–	0,85	0,90
	+1	–	1,37	1,37	–
B	+3	–	0,20	0,21	–
BF_4^-	−1	–	–	–	2,28
Ba	+2	1,43	1,35	1,38	–
Be	+2	0,34	0,31	0,34	–
Bi	+5	–	0,74	0,74	–
	+3	–	–	1,20	1,16
	−3	–	–	2,13	–
Br	+7	–	0,39	0,39	–
	+5	–	–	–	0,47
	−1	1,96	1,95	1,96	–
C	+4	0,2	0,15	0,20	–
	−4	–	2,60	2,60	–
CN^-	−1	–	–	–	1,92
Ca	+2	1,06	0,99	1,04	–
Cd	+2	1,03	0,97	0,99	0,92

Tableau 3 (suite)

Elément	Charge ionique	Valeur du rayon (Å)			
		selon Goldschmidt	selon Pauling	selon Bélov et Boky	selon d'autres données
Ce	+4	1,02	1,01	0,88	0,93; 0,87
	+3	1,18	—	1,02	1,00; 1,02
Cl	+7	—	0,26	0,26	—
	+5	—	—	—	0,34
	−1	1,81	1,81	1,81	—
ClO_4^-	−1	—	—	—	2,36
Co	+3	0,64	—	0,64	0,72
	+2	0,82	0,72	0,78	0,78; 0,80
Cr	+6	0,35	—	0,35	—
	+3	—	—	0,64	0,62
	+2	0,83	—	0,83	—
CrO_4^{2-}	−2	—	—	—	3,00
Cs	+1	1,65	1,69	1,65	—
Cu	+2	0,70	—	0,80	0,69; 0,82
	+1	—	0,96	0,98	0,95
Dy	+3	1,07	—	0,88	0,91
Er	+3	1,04	—	0,85	0,87
Eu	+3	1,13	—	0,97	0,96
	+2	—	—	—	1,09; 1,24
F	+7	—	0,07	0,07	—
	−1	1,33	1,36	1,33	—
Fe	+3	0,67	—	0,67	0,73
	+2	0,83	0,75	0,80	0,75
Ga	+3	0,62	0,62	0,62	—
Gd	+3	1,11	—	0,94	0,94
Ge	+4	0,44	0,53	0,44	—
	+2	—	—	0,65	0,98; 0,73
	−4	—	2,72	—	—
H	−1	1,54	2,08	1,36	—
Hf	+4	—	—	0,82	0,86
Hg	+2	1,12	1,10	1,12	1,05
Ho	+3	1,05	—	0,86	0,89
I	+7	—	0,50	0,50	—
	+5	0,94	—	—	0,98
	+1	—	—	—	1,30
	−1	2,20	2,16	2,20	2,19

Tableau 3 (suite)

Elément	Charge ionique	Valeur du rayon (Å)			
		selon Goldschmidt	selon Pauling	selon Bélov et Boky	selon d'autres données
In	+3	0,92	0,81	0,92	—
	+1	—	—	1,30	—
Ir	+4	0,66	0,64	0,65	0,75; 0,68
	+3	—	—	—	0,81
	+2	—	—	—	0,89
K	+1	1,33	1,33	1,33	—
La	+4	—	—	0,90	—
	+3	1,22	1,15	1,04	—
Li	+1	0,78	0,60	0,68	—
Lu	+3	0,99	—	0,80	0,84
Mg	+2	0,78	0,65	0,74	—
Mn	+7	—	0,46	0,46	—
	+4	0,52	0,50	0,52	—
	+3	0,70	—	0,70	0,67
	+2	0,91	0,80	0,91	—
Mo	+6	—	0,62	0,65	—
	+4	0,68	0,66	0,68	—
MoO_4^{2-}	−2	—	—	—	3,45
N	+5	0,15	0,11	0,15	0,13
	+3	—	—	—	0,16
	−3	—	1,71	1,48	1,30
NH_4^+	+1	1,43	—	—	1,59
NO_3^-	−1	—	—	—	1,89; 2,57
Na	+1	0,98	0,95	0,98	—
Nb	+5	0,69	0,70	0,66	—
	+4	0,69	0,67	0,67	0,74
Nd	+3	1,15	—	0,99	0,99
Ni	+3	0,35	—	—	—
	+2	0,78	0,69	0,74	0,68; 0,79
	+6	—	—	—	0,82
	+5	—	—	—	0,88
Np	+4	—	—	0,88	0,92
	+3	—	—	1,02	1,01
O	+6	—	0,09	0,09	—
	−2	1,32	1,40	1,36	1,45

Tableau 3 (suite)

Elément	Charge ionique	Valeur du rayon (Å)			
		selon Goldschmidt	selon Pauling	selon Bélov et Boky	selon d'autres données
OH^-	−1	—	—	—	1,53; 1,33
OH_3^+	+1	—	—	—	1,35
Os	+4	0,67	0,65	0,65	0,75
	+3	—	—	—	0,81
	+2	—	—	—	0,89
P	+5	0,35	0,34	0,35	—
	+3	—	—	—	0,44
	−3	—	2,12	1,86	—
PO_4^{3-}	−3	—	—	—	3,00
Pa	+4	—	—	0,91	0,96
	+3	—	—	1,06	1,05
Pb	+4	0,84	0,84	0,76	—
	+2	1,32	1,21	1,26	1,17
Pd	+4	—	—	0,64	0,73; 0,65
	+2	—	—	—	0,72; 0,88
Pm	+3	—	—	0,98	0,98
Pr	+4	1,00	0,92	—	0,92
	+3	1,16	—	1,00	1,00
Pt	+4	—	—	0,64	0,76
	+2	—	—	—	0,90; 0,87
	+6	—	—	—	0,81
	+5	—	—	—	0,87
Pu	+4	—	—	0,86	0,90
	+3	—	—	1,02	1,00
Ra	+2	1,52	—	1,44	—
Rb	+1	1,49	1,48	1,49	—
Re	+7	—	—	—	0,56
	+6	—	—	0,52	0,55
	+4	—	—	0,72	0,63
Rh	+4	—	—	0,65	0,62
	+3	—	—	0,75	0,67
Ru	+4	0,65	0,63	0,62	0,71
	+3	—	—	—	0,74
	+2	—	—	—	0,85
S	+6	0,34	0,29	0,30	—

Tableau 3 (suite)

Elément	Charge ionique	Valeur du rayon (Å)			
		selon Goldschmidt	selon Pauling	selon Bélov et Boky	selon d'autres données
	+4	—	—	—	0,37
	−2	1,74	1,84	1,86	1,90
SH^-	−1	—	—	—	2,00
SO_4^{2-}	−2	—	—	—	2,95
HSO_4^-	−1	—	—	—	2,06
Sb	+5	—	0,62	0,62	—
	+3	0,90	—	0,90	—
	−3	—	2,45	2,08	—
Sc	+3	0,83	0,81	0,83	—
Se	+6	—	—	0,35	0,42
	+4	—	—	0,69	0,56
	−2	1,91	1,98	1,93	1,91
Si	+4	0,39	0,41	0,39	—
	−4	—	2,71	—	—
SiO_4^{4-}	−4	—	—	—	2,90
Sm	+3	1,13	—	0,97	0,97
	+2	—	—	—	1,11
Sn	+4	0,74	0,71	0,67	—
	+2	—	—	1,02	—
	−4	—	2,94	—	—
Sr	+2	1,27	1,13	1,20	1,10
Ta	+5	—	—	0,66	0,73
Tb	+3	1,09	—	0,89	0,92
Te	+6	—	0,56	0,56	0,61
	+4	0,89	0,81	0,89	—
	−2	2,11	2,21	2,22	—
Th	+4	1,10	1,02	0,95	0,99
	+3	—	—	1,08	1,08
Ti	+4	0,64	0,68	0,64	—
	+3	0,69	—	0,69	—
	+2	0,80	—	0,78	0,76
Tl	+3	1,05	0,95	1,05	—
	+1	1,49	1,44	1,36	—
Tm	+3	1,04	—	0,85	0,86
U	+6	—	—	—	0,83

Tableau 3 (suite)

Elément	Charge ionique	Valeur du rayon (Å)			
		selon Gold-schmidt	selon Pauling	selon Bélov et Boky	selon d'autres données
	+5	—	—	—	0,87
	+4	1,05	0,97	0,95	0,93; 0,89
	+3	—	—	1,04	1,03
V	+5	0,4	0,59	—	0,59
	+4	0,61	0,59	0,61	0,64
	+3	0,65	—	0,67	—
	+2	0,72	—	0,72	—
W	+6	—	—	0,65	—
	+4	0,68	0,66	0,68	—
Y	+3	1,06	0,93	0,97	—
Yb	+3	1,00	—	0,81	0,85
Zn	+2	0,83	0,74	0,83	0,70
Zr	+4	0,87	0,80	0,82	—

Tableau 4

Potentiels d'ionisation des atomes et des ions

On appelle *potentiel d'ionisation* la tension minimale du champ électrique, nécessaire pour arracher un électron de l'atome ou de l'ion.

On indique dans le *Tableau 4* les potentiels d'ionisation successifs des atomes et ions, c.-à-d. les potentiels nécessaires pour détacher un électron de l'atome neutre non excité ($X - e \rightarrow X^+$) et les potentiels requis pour arracher un électron de l'ion monochargé (positif) non excité ($X^+ - e \rightarrow X^{2+}$), etc.

Les valeurs insuffisamment sûres du potentiel d'ionisation sont mises entre parenthèses.

Elément	$X - e \rightarrow X^+$	$X^+ - e \rightarrow X^{2+}$	$X^{2+} - e \rightarrow X^{3+}$	$X^{3+} - e \rightarrow X^{4+}$	$X^{4+} - e \rightarrow X^{5+}$	$X^{5+} - e \rightarrow X^{6+}$
Ac	6,89	11,5	—	—	—	—
Ag	7,57	21,48	6,10	(52)	(70)	(89)
Al	5,98	18,82	28,44	119,96	153,8	190,4
Ar	15,76	26,62	40,90	59,79	75,0	91,3
As	9,81	18,7	28,3	50,1	62,9	127,5
Au	9,22	20,5	30,5	(44)	(58)	(73)
B	8,30	25,15	37,92	259,30	340,13	—
Ba	5,81	10,00	37	(49)	(62)	(80)
Be	9,32	18,21	153,9	217,7	—	—
Bi	7,29	19,3	25,6	45,3	56,0	94,4
Br	11,84	21,6	35,9	47,3	59,7	88,6
C	11,26	24,38	47,86	64,48	392,0	489,8
Ca	6,11	11,87	51,21	67,3	84	109
Cd	8,99	16,90	44,5	(55)	(73)	(94)
Ce	6,91	12,3	19,5	36,7	(70)	(85)
Cl	13,01	23,80	39,9	53,3	67,8	96,6
Co	7,86	17,05	33,5	(53)	(82)	(109)
Cr	6,76	16,49	31	(51)	73	90,6
Cs	3,89	25,1	34,6	(46)	(62)	(74)
Cu	7,72	20,29	36,83	(59)	(83)	(109)
Dy	6,82	—	—	—	—	—

Tableau 4 (suite)

Élément	$X - e \rightarrow X^+$	$X^+ - e \rightarrow X^{2+}$	$X^{2+} - e \rightarrow X^{3+}$	$X^{3+} - e \rightarrow X^{4+}$	$X^{4+} - e \rightarrow X^{5+}$	$X^{5+} - e \rightarrow X^{6+}$
Eu	5,67	11,24	—	—	—	—
F	17,42	34,98	62,65	87,23	114,2	157,1
Fe	7,90	16,18	30,64	(56)	(79)	103
Ga	6,00	20,51	30,70	64,2	(90)	(118)
Gd	6,16	12	—	—	—	—
Ge	7,88	15,93	34,21	45,7	93,4	(123)
H	13,60	—	—	—	—	—
He	24,58	54,40	—	—	—	—
Hf	5,5	14,9	(21)	(31)	—	—
Hg	10,43	18,75	34,2	(46)	(61)	(77)
I	10,44	19,0	33	(42)	71	83
In	5,79	18,86	28,0	58	(77)	(98)
K	4,34	31,8	45,9	61,1	82,6	99,4
Kr	14,00	24,56	36,9	52,6	64,7	78,5
La	5,61	11,43	19,17	(52)	(66)	(80)
Li	5,39	75,62	122,4	—	—	—
Lu	6,15	14,7	(19)	—	—	—
Mg	7,64	15,03	78,2	109,3	141,2	186,8
Mn	7,43	15,64	33,69	(53)	(76)	100
Mo	7,13	15,72	29,6	46,4	61,2	67
N	14,54	29,60	47,43	77,45	97,86	552
Na	5,14	47,29	71,65	98,88	138,6	172,4
Nb	6,88	13,90	28,1	38,3	50	110,4
Nd	6,31	—	—	—	—	—
Ne	21,56	41,07	63,5	97,2	126,4	157,9
Ni	7,63	18,15	36,16	56	79	113
O	13,61	35,15	54,93	77,39	113,9	138,1
Os	8,7	17	25	40	54	68
P	10,55	19,65	30,16	51,35	65,01	220,4
Pb	7,42	15,03	31,93	39,0	69,7	84
Pd	8,33	19,42	(33)	(49)	(66)	(90)
Po	8,2	19,4	27,3	(38)	(61)	(73)
Pr	5,76	—	—	—	—	—
Pt	8,96	18,54	(29)	(41)	(55)	(75)
Ra	5,28	10,14	(34)	(46)	(59)	(76)
Rb	4,18	27,56	40	52,6	71,0	84,4
Re	7,87	16,6	(26)	(38)	(51)	(65)

Tableau 4 (suite)

Elé-ment	$X-e \to X^+$	$X^+-e \to X^{2+}$	$X^{2+}-e \to X^{3+}$	$X^{3+}-e \to X^{4+}$	$X^{4+}-e \to X^{5+}$	$X^{5+}-e \to X^{6+}$
Rh	7,46	15,92	32,8	(46)	(67)	(85)
Rn	10,75	21,4	29,4	(44)	(55)	(67)
Ru	7,36	16,60	30,3	(47)	(63)	(81)
S	10,36	23,4	34,8	47,3	72,5	88,0
Sb	8,64	16,7	24,8	44,1	63,8	119
Sc	6,56	12,89	24,75	73,9	91,8	111
Se	9,75	21,5	32,0	42,9	68,3	82,1
Si	8,15	16,34	33,46	45,1	166,7	205,1
Sm	5,6	11,2	—	—	—	—
Sn	7,33	14,6	30,7	46,4	91	(103)
Sr	5,69	11,03	43,6	57,1	71,6	90,8
Ta	7,7	16,2	(22)	(33)	(45)	—
Tb	6,74	—	—	—	—	—
Tc	7,23	14,87	31,9	(43)	(59)	(76)
Te	9,01	18,8	31	38	66	83
Th	—	11,5	20,0	28,7	(65)	(80)
Ti	6,83	13,57	28,14	43,24	99,8	119
Tl	6,11	20,42	29,8	50	(64)	(81)
V	6,74	14,2	29,7	48,0	65,2	128,9
W	7,98	17,7	(24)	(35)	(48)	(61)
Xe	12,13	21,2	32,1	(45)	(57)	89
Y	6,38	12,23	20,5	61,8	77,0	93,0
Yb	6,2	12,10	—	—	—	—
Zn	9,39	17,96	39,70	(62)	(86)	(114)
Zr	6,84	12,92	24,8	33,97	82,3	99,4

Tableau 5

Structures des couches électroniques extérieures, potentiels ioniques et groupes analytiques de cations (selon Block)

(Sous les symboles des cations sont indiqués les valeurs des potentiels ioniques Z/R — rapport de la charge ionique au rayon ionique)

Couche extérieure complétée à 2 ou à 8 électrons

Groupe I

Cs^+	Rb^+	NH_4^+	K^+	Na^+	Li^+
0,6	0,7	0,7	0,8	1,0	1,3

Groupe II

Ra^{2+}	Ba^{2+}	Sr^{2+}	Ca^{2+}
1,3	1,4	1,6	1,9

Premier sous-groupe du groupe III

La^{3+}	Ce^{3+}	Mg^{2+}	Y^{3+}	Sc^{3+}	Zr^{4+}	Hf^{4+}	Al^{3+}	Be^{2+}	Ti^{4+}
2,5	2,5	2,6	2,8	3,6	4,6	4,6	5,3	5,9	6,2

Couche extérieure non complétée à 18 électrons

Deuxième sous-groupe du groupe III

Mn^{2+}	Fe^{2+}	Co^{2+}	Ni^{2+}	Fe^{3+}	Cr^{3+}
2,2	2,4	2,4	2,6	4,5	4,6

Groupes IV et V

Cu^{2+}	Ru^{3+}	Rh^{3+}	Os^{IV}	Ir^{IV}
2,5	?	4,4	6,0	6,0

Couche extérieure complétée à 18 électrons

Groupe IV

Au^+	Ag^+	Cu^+	Hg^{2+}	Cd^{2+}	Zn^{2+}	In^{3+}
0,7	0,9	1,0	1,8	1,9	2,4	3,3

Groupe V

Ga^{3+}	Sn^{IV}	Ge^{IV}	Sb^V	As^V
4,9	5,4	7,5	8,1	10,6

Structure électronique extérieure 18+2

Groupe IV

Tl^+	Pb^{2+}	Sn^{2+}	Bi^{3+}
0,6	1,5	1,9	2,6

Groupe V

Sb^{III}	As^{III}
3,3	4,4

Tableau 6

Masses atomiques, masses moléculaires*, masses de groupes d'atomes et leurs logarithmes

Lors de l'établissement du *Tableau 6*, toutes les additions des masses atomiques ont été effectuées suivant les règles 2 et 3 (p. 10) et toutes les décimales inutiles ont été rejetées.

Les masses atomiques de tous les éléments (sauf douze éléments énumérés ci-dessous) sont exprimées par les nombres dont la dernière décimale est exacte à ±0,5. Lorsqu'on trouve une partie fractionnaire de masse atomique, l'erreur passe évidemment à l'autre décimale toujours en conservant sa valeur, cette décimale devient alors le premier des chiffres contestables. Ainsi, le nombre total de décimales augmente de 1. Si, par exemple, la masse atomique du titane (Ti) est égale à 47,90, la moitié de cette masse (1/2Ti) fera 23,950, mais pas 23,95 ; Sn=118,69, 1/2Sn=59,345.

Lorsqu'on trouve un multiple de la masse atomique, l'erreur croît, et s'il s'agit d'augmenter la masse atomique de 10 fois, il faut arrondir le nombre en diminuant de 1 le nombre total des décimales. Ainsi, la masse atomique de l'azote (N) est égale à 14,0067, cependant 10N ne sont pas égales à 140,067, mais à 140,07.

La multiplication de la masse atomique du fer par 2 seulement impliquera une erreur aux limites ±0,006 et, donc, celle-ci peut passer en décimale précédente ; si, par exemple, Fe=55,847, 2Fe feront 111,69, mais pas 111,694. La division de la masse atomique du fer par 3 impliquera une erreur maximale aux limites ±0,0001 et, par conséquent, le nombre total de décimales ne doit pas augmenter : 1/3Fe=18,615.

Le même raisonnement reste valable dans le cas où l'on fait la somme de masses atomiques de divers éléments : si la somme d'erreurs maximales possibles est égale ou supérieure à ±5 dans la dernière décimale, il faudra effectuer un arrondissement en diminuant de 1 le nombre total de décimales.

---

* Les masses moléculaires des solvants et des réactifs organiques ne figurant pas dans le *Tableau 6* sont représentées respectivement aux *Tableaux 44* et *49*.

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
Ag	107,868	03 289
2Ag	215,736	33 392
3Ag	323,604	51 001
Ag_3AsO_3	446,524	64 984
Ag_3AsO_4	462,523	66 513
AgBr	187,772	27 363
$AgC_2H_3O_2$ (acétate)	166,913	22 249
$AgC_7H_4NS_2$ (mercaptobenzothiazolide)	274,11	43 792
AgCN	133,886	12 674
Ag_2CO_3	277,741	44 364
AgCl	143,321	15 631
Ag_2CrO_4	331,730	52 078
$Ag_2Cr_2O_7$	431,730	63 521
AgF	126,866	10 335
$Ag_3Fe(CN)_6$	535,56	72 881
$Ag_4Fe(CN)_6$	643,43	80 850
AgI	234,772	37 065
$AgNO_2$	153,874	18 717
$AgNO_3$	169 873	23 012
Ag_2O	231,735	36 499
AgOCN	149,885	17 576
Ag_3PO_4	418,575	62 177
Ag_2S	247,80	39 410
AgSCN	165,950	21 998
Ag_2SO_4	311,80	49 388
$AgVO_3$	206,808	31 555
Ag_3VO_4	438,544	64 201
Al	26,9815	43 106
1/3Al	8,99383	95 394
2Al	53,9630	73 210
3Al	80,9445	90 819
4Al	107,9260	03 313

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
5Al	134,9075	13 003
6Al	161,88[illegible]0	20 922
$AlBr_3$	266,69[illegible]	42 601
$Al(C_2H_3O_2)_3$ (acétate)	204,117	30 988
$Al(C_9H_6ON)_3$ (oxyquinoléate)	459,444	66 223
$AlCl_3$	133,341	12 496
$AlCl_3 \cdot 6H_2O$	241,433	38 280
AlF_3	83,976[illegible]	92 416
AlF_6	140,971[illegible]	14 913
$AlK(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	Cf. $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	
$AlNH_4(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	Cf. $NH_4Al(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	
$Al(NO_3)_3$	212,996	32 837
$Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$	375,134	57 419
Al_2O_3	101,9612	00 843
$1/6Al_2O_3$	16,9935	23 028
$Al(OH)_3$	78,0036	89 211
$AlPO_4$	121,953	08 619
$Al_2(SO_4)_3$	342,15	53 422
$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	666,42	82 375
As	74,9216	87 461
1/2As	37,46080	57 358
1/3As	24,97387	39 748
1/5As	14,98432	17 564
2As	149,8432	17 564
$AsBr_3$	314,634	49 781
$AsCl_3$	181,281	25 835
$AsCl_5$	252,187	40 172
AsH_3	77,9455	89 179
AsO_3	122,9198	08 962
AsO_4	138,9192	14 276
As_2O_3	197,8414	29 632
$1/4As_2O_3$	49,4603	69 426

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
As_2O_5	229,8402	36 143
As_2O_7	261,8390	41 803
AsS_4	203,18	30 788
As_2S_3	246,04	39 101
As_2S_5	310,16	49 159
Au	196,967	29 439
1/3Au	65,6557	81 727
2Au	393,934	59 542
AuCN	222,985	34 828
$Au(CN)_2$	249,003	39 620
$Au(CN)_4$	301,038	47 862
$AuCl_3$	303,326	48 191
$AuCl_3 \cdot 2H_2O$	339,357	53 066
$AuCl_4$	338,779	52 992
B	10,811	03 387
1/3B	3,604	55 678
2B	21,62	33 490
3B	32,43	51 099
4B	43,24	63 593
BBr_3	250,52	39 884
BCl_3	117,17	06 882
BF_3	67,806	83 127
BF_4	86,805	93 854
BO_2	42,810	63 155
BO_3	58,809	76 944
B_2O_3	69,62	84 273
B_4O_7	155,24	19 100

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse a	lg a
Ba	137,34	13 780
1/2Ba	68,670	83 677
2Ba	274,68	43 883
3Ba	412,02	61 492
$BaBr_2$	297,15	47 298
$BaBr_2 \cdot 2H_2O$	333,18	52 268
$BaCO_3$	197,35	29 524
$Ba(C_2H_3O_2) \cdot H_2O$ (acétate)	273,45	43 688
BaC_2O_4 (oxalate)	225,36	35 288
$BaCl_2$	208,25	31 859
$BaCl_2 \cdot 2H_2O$	244,28	38 789
$Ba(ClO_3)_2 \cdot H_2O$	322,26	50 821
$BaClO_4$	236,79	37 436
$BaClO_4 \cdot 3H_2O$	290,84	46 365
$BaCrO_4$	253,33	40 369
BaF_2	175,34	24 388
$Ba(NO_3)_2$	261,35	41 722
BaO	153,34	18 566
1/2BaO	76,67	88 463
BaO_2	169,34	22 876
$Ba(OH)_2$	171,35	23 388
$Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$	135,48	49 899
$1/2Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$	157,74	19 794
$BaSO_3$	217,40	35 679
$BaSO_4$	233,40	36 810
$BaSeO_4$	280,30	44 762
$BaSiF_6$	279,42	44 626
Be	9,0122	95 483
1/2Be	4,50610	65 380
2Be	18,0244	25 586
$BeCO_3$	69,0216	83 898
$BeCO_3 \cdot 4H_2O$	141,0829	14 947

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
$BeCl_2$	79,918	90 264
$BeCl_2 \cdot 4H_2O$	151,980	18 179
BeF_2	47,0090	67 218
BeF_4	85,0058	92 945
$Be(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$	187,068	27 200
BeO	25,0116	39 814
$Be(OH)_2$	43,0269	63 374
$Be_2P_2O_7$	191,968	28 323
$BeSO_4$	105,074	02 149
$BeSO_4 \cdot 4H_2O$	177,135	24 830
Bi	208,980	32 010
1/3Bi	69,6600	84 298
2Bi	417,960	62 113
$BiC_6H_3O_3$ (pyrogallate)	332,069	52 123
$Bi(C_9H_6ON)_3$ (oxyquinoléate)	641,443	80 716
$Bi(C_9H_6ON)_3 \cdot H_2O$ (oxyquinoléate)	659,458	81 919
$Bi(C_{12}H_{10}ONS)_3 \cdot H_2O$ (thionalide)	875,85	94 243
$BiCl_3$	315,339	49 878
$BiCr(SCN)_6$	609,47	78 495
BiI_3	589,693	77 063
BiI_4	716,598	85 528
$(BiI_4H)(C_9H_7ON)$ (oxyquinoléine)	862,768	93 589
$(BiI_4H)(C_{10}H_9N)$ (quinaldine)	860,796	93 490
$Bi(NO_3)_3$	394,995	59 659
$Bi(NO_3)_3 \cdot 5H_2O$	485,071	68 580
Bi_2O_3	465,958	66 834
$(BiO)_2CO_3 \cdot 1/2H_2O$	518,976	71 515
BiOBr	304,883	48 413
BiOCl	260,432	41 569

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse a	lg a
$(BiO)_2Cr_2O_7$	665,947	82 344
$BIONO_3 \cdot H_2O$	305,000	48 430
$BiPO_4$	303,951	48 280
Bi_2S_3	514,15	71 109
Br	79,904	90 257
2Br	159,808	20 360
3Br	239,712	37 969
4Br	319,616	50 463
5Br	399,52	60 154
6Br	479,42	68 072
BrO	95,903	95 183
BrO_3	127,902	10 688
$1/6BrO_3$	21,3170	32 873
C	12,01115	07 958
2C	24,0223	38 061
3C	36,0335	55 671
4C	48,0446	68 164
5C	60,0558	77 855
6C	72,0669	85 774
7C	84,0781	92 468
8C	96,0892	98 267
CCl_4	153,823	18 702
CH_2	14,0271	14 697
$2CH_2$	28,0542	44 800
$3CH_2$	42,0813	62 409
$4CH_2$	56,1084	74 903
$5CH_2$	70,1355	84 594
$6CH_2$	84,1625	92 512
CH_3	15,0351	17 711
$2CH_3$	30,0701	47 814

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
3CH_3	45,1052	65 423
4CH_3	60,1402	77 916
5CH_3	75,1753	87 608
6CH_3	90,2104	95 526
CH_4	16,0430	20 529
C_2H_2	26,0382	41 561
C_2H_5	29,0622	46 333
2C_2H_5	58,1243	76 436
3C_2H_5	87,1865	94 045
C_6H_5	77,1068	88 709
2C_6H_5	154,2135	18 812
3C_6H_5	231,3203	36 421
$C_{10}H_6$	126,1593	10 092
$C_{10}H_7$	127,1673	10 437
$C_{10}H_8$ .... (naphtalène)	128,1753	10 780
CH_3Br	94,939	97 744
$CHCl_3$	119,378	07 692
CH_3Cl	50,488	70 319
CH_3F	34,0335	53 191
CH_3I	141,9395	15 210
CH_2N_2	42,0405	62 367
2CH_2N_2	84,0810	92 470
$C_2H_8N_2$ .... (éthylènediamine)	60,0995	77 887
C_5H_5N .... (pyridine)	79,1023	89 819
2C_5H_5N	158,2046	19 922
$C_{20}H_{16}N_4$ .... (nitron)	312,3773	49 468
$C_{20}H_{16}N_4 \cdot HClO_4$	412,836	61 578
$C_{20}H_{16}N_4 \cdot HNO_3$	375,3902	57 448
CH_2O	30,0265	47 750
CH_3O	31,0345	49 184
2CH_3O	62,0689	79 287
CH_4O	32,0424	50 573
C_2H_3O	43,0456	63 393
C_2H_6O	46,0695	66 341

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
$C_4H_4O_6$ .... (ion tartrate)	148,0729	17 048
C_6H_6O .... (phénol)	94,1141	97 365
$C_7H_6O_2N$ .... (ion anthranilate)	136,1314	13 396
C_9H_6ON .... (ion oxyquinoléate)	144,1543	15 883
C_9H_7ON .... (oxyquinoléine)	145,1622	16 185
CN	26,0179	41 527
2CN	52,0357	71 630
3CN	78,0536	89 239
4CN	104,0714	01 733
5CN	130,0893	11 424
6CN	156,1071	19 342
CNO cf. OCN		
CNS cf. SCN		
CO	28,0106	44 732
$CO(NH_2)_2$	60,0558	77 855
CO_2	44,0100	64 355
$1/2CO_2$	22,0050	34 252
$2CO_2$	88,0199	94 458
$3CO_2$	132,0299	12 067
CO_3	60,0094	77 822
$1/2CO_3$	30,0047	47 719
$2CO_3$	120,0187	07 986
$3CO_3$	180,0281	25 534
C_2O_4	88,0199	94 458
CO_2H	45,0179	65 339
CS_2	76,139	88 161
$CS(NH_2)_2$	76,120	88 150
Ca	40,08	60 293
1/2Ca	20,040	30 190
2Ca	80,16	90 396

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
3Ca	120,24	08 005
$CaBr_2$	199,89	30 079
$CaBr_2 \cdot 6H_2O$	307,98	48 852
CaC_2	64,10	80 686
$Ca(CHO_2)_2$ (formiate)	130,12	11 434
$Ca(C_2H_3O_2)_2$ (acétate)	158,17	19 912
$Ca(C_3H_5O_3)_2$ (lactate)	218,22	33 889
$Ca(C_3H_5O_3)_2 \cdot 5H_2O$	308,30	48 897
$Ca_3(C_6H_5O_7)_2$ (citrate)	498,45	69 762
$Ca_3(C_6H_5O_7)_2 \cdot 4H_2O$	570,51	75 626
$Ca(C_{10}H_7N_4O_5)_2 \cdot 8H_2O$ (picrolanate)	710,58	85 161
$CaCN_2$ (cyanamide)	80,10	90 363
$CaCO_3$	100,09	00 039
$1/2CaCO_3$	50,045	69 936
CaC_2O_4	128,10	10 755
$1/2CaC_2O_4$	64,050	80 652
$CaC_2O_4 \cdot H_2O$	146,12	16 471
$CaCl_2$	110,99	04 528
$CaCl_2 \cdot 6H_2O$	219,08	34 060
$Ca(ClO)_2$	142,98	15 528
$Ca(ClO)_2 \cdot 4H_2O$	215,05	33 254
$CaCrO_4$	156,07	19 332
$CaCrO_4 \cdot 2H_2O$	192,10	28 353
CaF_2	78,08	89 254
$Ca_2Fe(CN)_6 \cdot 12H_2O$	508,30	70 612
CaH_2	42,10	62 428
$Ca(HCO_3)_2$	162,11	20 981
$1/2Ca(HCO_3)_2$	81,057	90 879
$CaHPO_4$	136,06	13 373
$CaHPO_4 \cdot 2H_2O$	172,09	23 576
$Ca(H_2PO_4)_2$	234,05	36 931
$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$	252,07	40 152

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
$Ca(HS)_2\cdot 6H_2O$	214,32	33 106
$Ca(HSO_3)_2$	202,22	30 582
CaI_2	293,89	46 818
$CaMoO_4$	200,02	30 107
$Ca(NO_3)_2$	164,09	21 508
$Ca(NO_3)_2\cdot 4H_2O$	236,15	37 319
CaO	56,08	74 881
$1/2CaO$	28,040	44 778
$2CaO$	112,16	04 984
$Ca(OH)_2$	74,09	86 976
$1/2Ca(OH)_2$	37,047	56 875
$Ca(PO_3)_2$	198,02	29 671
$Ca_3(PO_4)_2$	310,18	49 161
CaS	72,14	85 818
$CaSO_3$	120,14	07 969
$CaSO_3\cdot 2H_2O$	156,17	19 360
$CaSO_4$	136,14	13 399
$CaSO_4\cdot 1/2H_2O$	145,15	16 182
$CaSO_4\cdot 2H_2O$	172,17	23 596
CaS_2O_3	152,21	18 244
$CaS_2O_3\cdot 6H_2O$	260,30	41 547
$CaSiF_6$	182,16	26 045
$CaSiO_3$	116,16	06 506
$CaWO_4$	287,93	45 929
Cd	112,40	05 077
$1/2Cd$	56,200	74 974
$2Cd$	224,80	35 180
$CdBr_2$	272,21	43 490
$CdBr_2\cdot 4H_2O$	344,27	53 690
$Cd(C_2H_3O_2)_2$ (acétate)	230,49	36 265
$Cd(C_2H_3O_2)_2\cdot 2H_2O$	266,52	42 573
$Cd(C_5H_5N)_2(SCN)_2$ (pyridine)	386,77	58 745

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
$Cd(C_5H_5N)_4(SCN)_2$	544,97	73 637
$Cd(C_7H_4NS_2)_2$ (mercaptobenzothiazolide)	444,89	64 825
$Cd(C_7H_6O_2N)_2$ (anthranilate)	384,66	58 508
$Cd(C_9H_6ON)_2$ (oxyquinoléate)	400,71	60 283
$Cd(C_9H_6ON)_2 \cdot 2H_2O$	436,74	64 022
$Cd(C_{10}H_6O_2N)_2$ (quinaldinate)	456,73	65 966
$Cd(CN)_2$	164,44	21 601
$CdCO_3$	172,41	23 656
$CdCl_2$	183,31	26 319
$CdCl_2 \cdot H_2O$	201,32	30 389
$CdCl_2 \cdot 2{,}5H_2O$	228,34	35 858
$CdHg(SCN)_4$	545,32	73 665
CdI_2	366,21	56 373
$CdNH_4PO_4 \cdot H_2O$	243,43	38 637
$Cd(NO_3)_2$	236,40	37 365
$Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	308,47	48 921
CdO	128,40	10 857
$Cd(OH)_2$	146,41	16 557
$Cd_2P_2O_7$	398,74	60 069
CdS	144,46	15 975
$CdSO_4$	208,46	31 902
$CdSO_4 \cdot 8/3H_2O$	256,50	40 909
Ce	140,12	14 650
1/4Ce	35,030	54 444
1/3Ce	46,707	66 938
2Ce	280,24	44 753
$Ce(C_2H_{10}N_2)_2(SO_4)_4 \cdot 7H_2O$ (éthylènediammonium)	774,70	88 913
$Ce(C_9H_6ON)_3$ (oxyquinoléate)	572,58	75 784
$Ce_2(C_2O_4)_3$	544,30	73 584

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
$Ce_2(C_2O_4)_3 \cdot 9H_2O$	706,44	84 908
$CeCl_3$	246,48	39 178
$CeCl_3 \cdot 7H_2O$	372,59	57 123
$Ce(NH_4)_2(NO_3)_6$	548,23	73 896
$Ce(NH_4)_2(NO_3)_6 \cdot 2H_2O$	584,26	76 661
$Ce(NH_4)_4(SO_4)_4 \cdot 2H_2O$	632,55	80 109
$Ce(NO_3)_3$	326,13	51 339
$Ce(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$	434,23	63 772
CeO_2	172,12	23 583
Ce_2O_3	328,24	51 619
Ce_3O_4	484,36	68 517
$CePO_4$	235,09	37 123
$Ce(SO_4)_2$	332,24	52 145
$Ce(SO_4)_2 \cdot 4H_2O$	404,30	60 670
$Ce_2(SO_4)_3$	568,42	75 467
$Ce_2(SO_4)_3 \cdot 8H_2O$	712,55	85 282
Cl	35,453	54 965
2Cl	70,906	85 068
3Cl	106,359	02 677
4Cl	141,812	15 171
5Cl	177,27	24 864
6Cl	212,72	32 781
ClO	51,452	71 140
ClO_2	67,452	82 899
ClO_3	83,451	92 143
ClO_4	99,451	99 761
Co	58,9332	77 036
1/3Co	19,64440	29 324
1/2Co	29,46660	46 933

Formule	Masse *a*	lg *a*
2Co	117,8664	07 139
3Co	176,7996	24 748
$CoBr_2$	218,741	33 993
$CoBr_2 \cdot 6H_2O$	326,833	51 433
$Co(C_2H_3O_2)_2 \cdot 4H_2O$ (acétate)	249,085	39 635
$Co(C_5H_5N)_4(SCN)_2$ (pyridine)	491,51	69 153
$Co_3(C_6H_5O_7)_2 \cdot 4H_2O$ (citrate)	627,066	79 731
$Co(C_7H_6O_2N)_2$ (anthranilate)	331,196	52 009
$Co(C_9H_6ON)_2 \cdot 2H_2O$ (oxyquinoléate)	383,272	58 351
$Co(C_{10}H_6O_2N)_3 \cdot 2H_2O$ (α-nitroso-β-naphtolate)	611,458	78 637
$CoC_2O_4 \cdot 2H_2O$	182,984	26 241
$CoCl_2$	129,839	11 341
$CoCl_2 \cdot 6H_2O$	237,931	37 645
$CoCrO_4$	174,927	24 286
$CoHg(SCN)_4$	491,85	69 183
$Co(NO_3)_2$	182,943	26 232
$Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	291,035	46 395
CoO	74,9326	87 467
Co_2O_3	165,8646	21 975
Co_3O_4	240,797	38 165
$Co_2P_2O_7$	291,810	46 510
CoS	90,997	95 904
$CoSO_4$	154,995	19 032
$CoSO_4 \cdot 7H_2O$	281,102	44 886
Cr	51,996	71 597
1/3Cr	17,3320	23 885
2Cr	103,992	01 700
3Cr	155,988	19 309
$CrCl_2$	122,902	08 956

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
$CrCl_3$	158,355	19 963
$CrCl_3 \cdot 6H_2O$	266,447	42 561
$CrK(SO)_2 \cdot 12H_2O$	Cf. $KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	
$Cr(NO_3)_3$	238,011	37 660
$Cr(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$	400,149	60 222
CrO	67,995	83 248
CrO_3	99,994	99 997
CrO_4	115,994	06 444
$1/3CrO_4$	38,6647	58 731
Cr_2O_3	151,990	18 182
$1/2Cr_2O_3$	75,995	88 079
Cr_2O_7	215,988	33 443
$1/6Cr_2O_7$	35,9980	55 628
$Cr(OH)_3$	103,018	01 291
$CrPO_4$	146,967	16 722
$Cr_2(SO_4)_3$	392,18	59 349
$Cr_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	716,45	85 519
Cs	132,905	12 354
$2Cs$	265,810	42 457
$CsAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	568,19	75 449
Cs_2CO_3	325,819	51 298
$CsCl$	168,358	22 623
$CsClO_4$	232,356	36 615
Cs_2CrO_4	381,804	58 184
$Cs_2Cr_2O_7$	481,798	68 287
CsI	259,809	41 465
$CsNO_3$	194,910	28 983
Cs_2O	281,809	44 995
$CsOH$	149,912	17 584
Cs_2PtCl_6	673,62	82 842
Cs_2SO_4	361,872	55 856

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
Cu	63,546	80 309
1/2Cu	31,7730	50 206
2Cu	127,092	10 412
3Cu	190,638	28 021
$CuBr_2$	223,354	34 899
$Cu(C_2H_3O_2)_2\cdot H_2O$ (acétate)	199,651	30 027
$Cu(C_5H_5N)_2(SCN)_2$ (pyridine)	337,91	52 880
$Cu(C_7H_6O_2N)_2$ (salicylaldoxime ou anthranilate)	335,809	52 609
$Cu(C_9H_6ON)_2$ (oxyquinoléate)	351,855	54 636
$Cu(C_{10}H_6O_2N)_2\cdot H_2O$ (quinaldinate)	425,891	62 930
$Cu(C_{12}H_{10}ONS)_2\cdot H_2O$ (thionalide)	514,13	71 107
$CuC_{14}H_{11}O_2N$ (cupron)	288,796	46 059
CuCN	89,564	95 213
CuCl	98,999	99 563
$CuCl_2$	134,452	12 857
$CuCl_2\cdot 2H_2O$	170,483	23 168
$CuHg(SCN)_4$	496,46	69 588
CuI	190,450	27 978
$Cu(NO_3)_2$	187,556	27 313
$Cu(NO_3)_2\cdot 3H_2O$	241,602	38 310
$Cu(NO_3)_2\cdot 6H_2O$	295,648	47 077
CuO	79,545	90 061
1/2CuO	39,773	59 959
$Cu(OH)_2$	97,561	98 928
Cu_2O	143,091	15 561
$Cu_2(OH)_2CO_3$	221,116	34 462
CuS	95,610	98 050
Cu_2S	159,16	20 183
CuSCN	121,628	08 503
$CuSO_4$	159,608	20 305
$CuSO_4\cdot 5H_2O$	249,685	39 739

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
F	18,9984	27 872
2F	37,9968	57 974
3F	56,9952	75 584
4F	75,9936	88 078
5F	94,9920	97 769
6F	113,9904	05 687
Fe	55,847	74 700
1/3Fe	18,616	26 989
1/2Fe	27,924	44 598
2Fe	111,69	04 801
3Fe	167,54	22 412
$FeBr_3$	295,559	47 064
$FeBr_3 \cdot 6H_2O$	403,651	60 601
Fe_3C	179,55	25 419
$Fe(C_9H_6ON)_3$ (oxyquinoléate)	488,310	68 870
$Fe(CN)_6$	211,954	32 624
$FeCO_3$	115,856	06 392
$FeCl_2$	126,75	10 295
$FeCl_2 \cdot 4H_2O$	198,81	29 844
$FeCl_3$	162,21	21 008
$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	270,30	43 185
$Fe(HCO_3)_2$	177,881	25 013
$FeNH_4(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	482,19	68 322
$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$	392,14	59 344
$Fe(NO_3)_3$	241,862	38 357
$Fe(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$	349,95	54 401
FeO	71,846	85 640
Fe_2O_3	159,69	20 328
$1/6Fe_2O_3$	26,615	42 513
$1/2Fe_2O_3$	79,846	90 225
Fe_3O_4	231,54	36 463
$Fe(OH)_3$	106,869	02 885

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
$FePO_4$	150,818	17 845
FeS	87,91	94 404
FeS_2	119,98	07 911
$FeSO_4$	151,91	18 159
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	278,02	44 408
$Fe_2(SO_4)_3$	399,88	60 193
$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$	562,02	74 975
Ga	69,72	84 336
2Ga	139,44	14 439
$Ga(C_9H_6ON)_3$ (oxyquinoléate)	502,18	70 086
$Ga(C_9H_4Br_2ON)_3$ (bromoxyquinoléate)	975,55	98 925
$GaCl_3$	176,08	24 571
Ga_2O_3	187,44	27 286
Ge	72,59	86 088
2Ge	145,18	16 191
$GeCl_4$	214,40	33 122
GeO_2	104,59	01 949
GeS_2	136,72	13 583
H	1,00797	00 345
2H	2,01594	30 448
3H	3,02391	48 057
4H	4,03188	60 551
5H	5,0399	70 242
6H	6,0478	78 160

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
7H	7,0558	84 855
8H	8,0638	90 654
H_3AsO_4	141,9431	15 211
$HAuCl_4 \cdot 4H_2O$	411,848	61 474
HBO_2	43,818	64 165
H_3BO_3	61,833	79 122
HBr	80,912	90 801
HBrO	96,911	98 637
$HBrO_3$	128,910	11 029
$HCHO_2$ (formique)	46,0259	66 300
$HC_2H_3O_2$ (acétique)	60,0530	77 853
$HC_3H_5O_3$ (lactique)	90,0795	95 463
$HC_4H_4O_6$ (ion hydrotartrate)	149,081	17 342
$H_2C_4H_4O_4$ (succinique)	118,090	07 221
$H_2C_4H_4O_5$ (malique)	134,089	12 739
$H_2C_4H_4O_6$ (tartrique)	150,089	17 635
$H_3C_6H_5O_7$ (citrique)	192,126	28 358
$H_3C_6H_5O_7 \cdot H_2O$	210,142	32 251
$HC_6H_6O_3NS$ (sulfanilique)	173,192	23 853
$HC_6H_6O_3NS \cdot 2H_2O$	209,222	32 061
$HC_7H_5O_2$ (benzoïque)	122,125	08 680
$HC_7H_5O_3$ (salicylique)	138,124	14 027
$HC_7H_6O_2N$ (anthranilique)	137,139	13 716
$HC_8H_4O_4$ (ion hydrophtalate)	165,127	21 782
$H_2C_8H_4O_4$ (phtalique)	166,135	22 046
$H_2C_7H_4O_6S$ (sulfosalicylique)	218,186	33 882

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
$H_2C_7H_4O_6S \cdot 2H_2O$	254,217	40 520
$HC_{10}H_6O_2N$ (quinaldinique)	173,173	23 848
$HC_{10}H_6O_2N \cdot 2H_2O$	209,203	32 057
$H_4C_{10}H_{12}O_8N_2$ (éthylènediaminetétraacétique, complexone II)	292,248	46 575
HCN	27,0258	43 178
HCO_2	45,0179	65 339
$2HCO_2$	90,036	95 442
$3HCO_2$	135,054	13 051
HCO_3	61,0173	78 545
H_2CO_3	62,0253	79 257
$H_2C_2O_4$ (oxalique)	90,036	95 442
$H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$	126,067	10 060
$1/2H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$	63,0333	79 957
HCl	36,461	56 183
HClO	52,460	71 983
$HClO_3$	84,459	92 665
$HClO_4$	100,459	00 199
H_2CrO_4	118,010	07 192
$H_2Cr_2O_7$	218,004	33 846
HF	20,0064	30 117
HI	127,9124	10 691
HIO	143,9118	15 810
HIO_3	175,9106	24 529
HIO_4	191,9100	28 310
H_5IO_6	227,941	35 782
$H_2MoO_4 \cdot H_2O$	179,97	25 520
HNO_2	47,0135	67 222
HNO_3	63,0129	79 943
HO	Cf. OH	
H_2O	18,0153	25 564
$2H_2O$	36,0307	55 667
$3H_2O$	54,0460	73 276
$4H_2O$	72,0614	85 770

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse a	lg a
$5H_2O$	90,077	95 461
$6H_2O$	108,092	03 379
$7H_2O$	126,107	10 074
$8H_2O$	144,123	15 873
H_2O_2	34,0147	53 167
$1/2H_2O_2$	17,0074	23 064
$2H_2O_2$	68,0295	83 270
HPO_3	79,9800	90 298
HPO_4	95,9794	98 218
H_2PO_4	96,9873	98 671
H_3PO_2	65,9965	81 952
H_3PO_3	81,9959	91 379
H_3PO_4	97,9953	99 121
$H_4P_2O_7$	177,975	25 036
$HReO_4$	251,2	40 002
$\dot{H}S$	Cf. SH	
H_2S	34,080	53 250
$1/2H_2S$	17,040	23 147
HSCN	59,090	77 151
HSO_3	81,070	90 886
$2HSO_3$	162,14	20 989
H_2SO_3	82,078	91 423
HSO_4	97,070	98 709
H_2SO_4	98,078	99 157
$1/2H_2SO_4$	49,039	69 054
$2H_2SO_4$	196,16	29 261
$H_2S_2O_3$	114,14	05 744
H_2SO_5	114,077	05 720
H_2Se	80,98	90 838
H_2SeO_3	128,97	11 049
H_2SeO_4	144,97	16 128
H_2Te	129,62	11 267
H_2TeO_4	193,63	28 697
H_6TeO_6	229,64	36 105
H_2WO_4	249,86	39 770

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
Hg	200,59	30 231
1/2Hg	100,295	00 128
2Hg	401,18	60 334
$HgBr_2$	360,40	55 678
$Hg(C_2H_3O_2)_2$ (acétate)	318,68	50 335
$Hg(C_5H_5N)_2Cr_2O_7$ (pyridine)	574,78	75 950
$Hg(C_7H_6O_2N)_2$ (anthranilate)	472,85	67 472
$Hg(C_{12}H_{10}ONS)_2$ (thionalide)	633,16	80 151
HgC_2O_4 (oxalate)	288,61	46 031
$Hg(CN)_2$	252,63	40 248
$HgCl_2$	271,50	43 377
Hg_2Cl_2	472,09	67 402
$HgCrO_4$	316,58	50 048
HgI_2	454,40	65 744
$Hg(NO_3)_2$	324,60	51 135
$Hg(NO_3)_2 \cdot H_2O$	342,62	53 481
$Hg_2(NO_3)_2$	525,19	72 032
$Hg_2(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$	561,22	74 913
HgO	216,59	33 564
Hg_2O	417,18	62 032
HgS	232,65	36 670
Hg_2S	433,24	63 673
$Hg(SCN)_2$	316,75	50 072
$Hg_2(SCN)_2$	517,34	71 378
$HgSO_4$	296,65	47 224
Hg_2SO_4	497,24	69 657
I	126,9044	10 348
2I	253,8088	40 451
3I	380,7132	58 060

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
4I	507,6176	70 554
5I	634,5220	80 245
6I	761,4264	88 163
ICl	162,357	21 047
ICl_3	233,263	36 785
IO	142,9038	15 504
IO_3	174,9026	24 280
$1/6IO_3$	29,1504	46 464
IO_4	190,9020	28 081
In	114,82	06 002
1/3In	38,273	58 289
2In	229,64	36 105
$In(C_9H_6ON)_3$ (oxyquinoléate)	547,28	73 821
$InCl_3$	221,18	34 475
In_2O_3	277,64	44 348
$InPO_4$	209,79	32 178
Ir	192,2	28 375
1/4Ir	48,05	68 169
1/2Ir	96,10	98 272
$IrCl_3$	298,6	47 509
$IrCl_4$	334,0	52 375
$IrCl_6$	404,9	60 735
IrO_2	224,2	35 064
$Ir(OH)_3$	243,2	38 596
$Ir(OH)_4$	260,2	41 531
IrS	224,3	35 083

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
K	39,102	59 220
2K	78,204	89 323
3K	117,306	06 932
4K	156,408	19 426
5K	195,510	29 117
6K	234,612	37 035
$KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	474,39	67 614
$KAlSi_3O_8$	278,337	44 457
KBF_4	125,907	10 005
KBr	119,006	07 557
$KBrO_3$	167,004	22 273
$1/6KBrO_3$	27 834	44 458
$KC_2H_3O_2$ (acétate)	98,147	99 187
$K_2C_4H_4O_6 \cdot 1/2H_2O$ (tartrate)	235,285	37 159
$K(C_6H_5)_4B$	358,340	55 430
$K_3C_6H_5O_7 \cdot H_2O$ (citrate)	324,424	51 111
KCN	65,120	81 371
K_2CO_3	138,213	14 055
$K_2C_2O_4 \cdot H_2O$	184,239	26 538
KCl	74,555	87 248
$KClO_3$	122,553	08 832
$1/6KClO_3$	20,426	31 018
$KClO_4$	138,553	14 162
$K_3Co(NO_2)_6$	452,272	65 540
$K_2Co(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$	437,35	64 083
K_2CrO_4	194,198	28 824
$1/3K_2CrO_4$	64,733	81 113
$K_2Cr_2O_7$	294,192	46 863
$1/6K_2Cr_2O_7$	49,032	69 048
$1/2K_2Cr_2O_7$	147,096	16 760
$KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	499,41	69 846
KF	58,100	76 418
$K_3Fe(CN)_6$	329,26	51 754
$K_4Fe(CN)_6$	368,36	56 627

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
$K_4Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$	422,41	62 573
$KFe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	503,26	70 179
KH_2AsO_4	180,037	25 536
K_2HAsO_4	218,131	33 872
$KHC_4H_4O_6$ (hydrotartrate)	188,183	27 458
$KHC_8H_4O_4$ (hydrophtalate)	204,229	31 012
$KHCO_3$	100,119	00 052
$KHC_2O_4 \cdot H_2O$	146,145	16 478
$KH_3(C_2O_4)_2 \cdot 2H_2O$	254,196	40 517
KHF_2	78,107	89 269
$KH(IO_3)_2$	389,915	59 097
$1/12KH(IO_3)_2$	32,4929	51 179
KH_2PO_2	104,091	01 741
KH_2PO_4	136,089	13 382
K_2HPO_4	174,183	24 101
$KHSO_3$	120,172	07 980
$KHSO_4$	136,172	13 409
KI	166,006	22 012
KI_3	419,815	62 306
KIO_3	214,005	33 042
$1/6KIO_3$	35,6674	55 227
KIO_4	230,004	36 174
$KMnO_4$	158,038	19 876
$1/5KMnO_4$	31,6075	49 979
$1/3KMnO_4$	52,6792	72 164
$2KMnO_4$	316,075	49 979
$KN(C_6H_2)_2(NO_2)_6$ (dipicrylaminate)	477,307	67 880
KNO_2	85,108	92 997
KNO_3	101,107	00 478
$KNaC_4H_4O_6 \cdot 4H_2O$	282,226	45 060
K_2O	94,203	97 406
$1/2K_2O$	47,102	67 304
$KOCN$	81,119	90 913
KOH	56,109	74 903

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
K_3PO_4	212,277	32 690
K_2PtCl_6	486,01	68 665
$KReO_4$	289,3	46 135
K_2S	110,268	04 245
$K_2S \cdot 5H_2O$	200,345	30 178
KSCN	97,184	98 759
K_2SO_3	158,266	19 939
$K_2SO_3 \cdot 2H_2O$	194,297	28 847
K_2SO_4	174,266	24 121
$K_2S_2O_5$	222,33	34 700
$K_2S_2O_7$	254,33	40 540
$K_2S_2O_8$	270,33	43 189
$K(SbO)C_4H_4O_6 \cdot 1/2H_2O$ (tartrate)	333,93	52 366
K_2SiF_6	220,280	34 298
K_2TiF_6	240,09	38 037
K_2WO_4	326,05	51 328
La	138,91	14 273
1/3La	46,303	66 561
2La	277,82	44 376
$La(C_2H_3O_2)_3 \cdot 1\ 1/2H_2O$	343,07	53 538
$LaCl_3 \cdot 7H_2O$	371,38	56 982
LaF_3	195,91	29 206
$La(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$	433,02	63 651
La_2O_3	325,82	51 298
$La_2(SO_4)_3$	566,00	75 282
Li	6,939	84 130
2Li	13,878	14 233
3Li	20,817	31 842
LiBr	86,843	93 873

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
$Li_3C_6H_5O_7\cdot 4H_2O$ (citrate)	281,981	45 022
Li_2CO_3	73,887	86 857
LiCl	42,392	62 728
LiF	25,937	41 392
LiH	7,947	90 020
LiI	133,843	12 660
$LiI\cdot 3H_2O$	187,889	27 390
$LiNO_3$	68,944	83 850
$LiNO_3\cdot 3H_2O$	122,990	08 987
Li_2O	29,877	47 534
LiOH	23,946	37 923
Li_3PO_4	115,788	06 366
Li_2SO_4	109,940	04 116
$Li_2SO_4\cdot H_2O$	127,955	10 706
Mg	24,305	38 570
1/2Mg	12,1525	08 466
2Mg	48,610	68 673
3Mg	72,915	86 282
$Mg_2As_2O_7$	310,449	49 199
$MgBr_2$	184,113	26 508
$MgBr_2\cdot 6H_2O$	292,205	46 569
$Mg(C_9H_6ON)_2$ (oxyquinoléate)	312,614	49 501
$Mg(C_9H_6ON)_2\cdot 2H_2O$	348,644	54 238
$MgCO_3$	84,314	92 590
$MgCl_2$	95,211	97 869
$MgCl_2\cdot 6H_2O$	203,303	30 814
$Mg(ClO_4)_2$	223,206	34 871
$Mg(ClO_4)_2\cdot 6H_2O$	331,298	52 022
MgF_2	62,302	79 450
$Mg(HCO_3)_2$	146,340	16 536
$MgNH_4AsO_4\cdot 6H_2O$	289,355	46 143

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
$MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$	245,407	38 988
$Mg(NO_3)_2$	148,315	17 119
$Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	256,407	40 893
MgO	40,304	60 535
$1/2MgO$	20,152	30 432
$Mg(OH)_2$	58,320	76 582
$Mg_2P_2O_7$	222,553	34 743
$MgSO_4$	120,367	08 051
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	246,474	39 177
$MgSiO_3$	100,389	00 169
Mg_2SiO_4	140,694	14 828
Mn	54,9381	73 987
$1/2Mn$	27,46905	43 884
$2Mn$	109,8762	04 090
$3Mn$	164,8143	21 699
$Mn(C_2H_3O_2)_2 \cdot 4H_2O$ (acétate)	245,089	38 932
$Mn(C_5H_5N)_4(SCN)_2$ (pyridine)	487,51	68 798
$MnCO_3$	114,9475	06 050
$MnCl_2$	125,844	09 983
$MnCl_2 \cdot 4H_2O$	197,905	29 646
$MnNH_4PO_4 \cdot H_2O$	185,956	26 941
$Mn(NO_3)_2$	178,948	25 273
$Mn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	287,040	45 794
MnO	70,9375	85 088
MnO_2	86,9369	93 920
MnO_4	118,9357	07 531
Mn_2O_3	157,8744	19 831
Mn_3O_4	228,8119	35 948
$Mn(OH)_2$	88,9528	94 916
$Mn_2P_2O_7$	283,820	45 304
MnS	87,002	93 953
$MnSO_4$	151,000	17 898

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
$MnSO_4 \cdot 4H_2O$	223,061	34 842
$MnSO_4 \cdot 5H_2O$	241,076	38 215
$MnSO_4 \cdot 7H_2O$	277,107	44 265
Mo	95,94	98 200
2Mo	191,88	28 303
3Mo	287,82	45 912
MoO_3	143,94	15 818
MoO_4	159,94	20 396
$MoO_2(C_9H_6ON)_2$ (oxyquinoléate)	416,25	61 935
MoS_2	160,07	20 431
MoS_3	192,13	28 360
N	14,0067	14 634
2N	28,0134	44 737
3N	42,0201	62 346
4N	56,0268	74 840
5N	70,0335	84 531
6N	84,0402	92 449
5,55N (« gélatine »)	77,7372	89 063
6,25N (« protéine »)	87,5419	94 222
6,37N (« caséine »)	89,2227	95 048
NH	15,0147	17 652
NH_2	16,0226	20 473
$2NH_2$	32,0453	50 576
$3NH_2$	48,0679	68 186
NH_3	17,0306	23 123
$2NH_3$	34,0612	53 226
$3NH_3$	51,0918	70 835
$4NH_3$	68,1224	83 329
$5NH_3$	85,1531	93 020
$6NH_3$	102,1837	00 938

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
NH_4	18,0386	25 620
$2NH_4$	36,0772	55 723
$3NH_4$	54,1157	73 332
N_2H_4	32,0453	50 576
$N_2H_4 \cdot HCl$	68,506	83 573
$N_2H_4 \cdot 2HCl$	104,967	02 105
$N_2H_4 \cdot H_2O$	50,0606	69 950
$N_2H_4 \cdot H_2SO_4$	130,123	11 435
NH_2OH	33,0262	51 886
$NH_2OH \cdot HCl$	69,487	84 190
$(NH_2OH)_2 \cdot H_2SO_4$	164,138	21 521
NH_2SO_3H	97,093	98 719
$NH_4Al(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	453,33	65 642
NH_4Br	97,948	99 100
$NH_4C_2H_3O_2$ (acétate)	77,0836	88 696
$(NH_4)_2CO_3$	96,0865	98 266
$(NH_4)_2CO_3 \cdot H_2O$	114,102	05 729
$(NH_4)_2C_2O_4 \cdot H_2O$	142,112	15 263
$(NH_4)_2Ce(NO_3)_6$	548,23	73 896
$(NH_4)_4Ce(SO_4)_4 \cdot 2H_2O$	632,55	80 109
NH_4Cl	53,492	72 829
NH_4ClO_4	117,489	07 000
$(NH_4)_2CrO_4$	152,071	18 205
$(NH_4)_2Cr_2O_7$	252,065	40 151
NH_4F	37,0370	56 864
$NH_4Fe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	482,19	68 322
$(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$	392,11	59 341
NH_4HCO_3	79,0559	89 793
NH_4HF_2	57,0434	75 621
$NH_4H_2PO_4$	115,026	06 080
$(NH_4)_2HPO_4$	132,057	12 076
NH_4HS	51,111	70 851
NH_4HSO_4	115,108	06 111
$(NH_4)_2Hg(SCN)_4$	468,99	67 116
NH_4I	144,9430	16 120
$(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$	1235,9	09 197

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
NH_4NO_2	64,0441	80 648
NH_4NO_3	80,0435	90 333
$NH_4NaPO_4\cdot 4H_2O$	209,069	32 029
NH_4OH	35,0460	54 464
$(NH_4)_3PO_4\cdot 12MoO_3$	1876,3	27 330
$(NH_4)_2PdCl_6$	355,2	55 047
$(NH_4)_2PtCl_6$	443,89	64 728
$(NH_4)_2S$	68,141	83 341
NH_4SCN	76,120	88 150
$(NH_4)_2SO_3$	116,139	06 498
$(NH_4)_2SO_4$	132,139	12 103
$(NH_4)_2S_2O_8$	228,20	35 832
$(NH_4)_2SiF_6$	178,154	25 080
$(NH_4)_2SnCl_6$	367,49	56 525
NH_4VO_3	116,979	06 811
NO	30,0061	47 721
NO_2	46,0055	66 281
$2NO_2$	92,011	96 384
$3NO_2$	138,017	13 993
$4NO_2$	184,022	26 487
$5NO_2$	230,028	36 178
$6NO_2$	276,033	44 096
NO_3	62,0049	79 243
$2NO_3$	124,010	09 346
$3NO_3$	186,015	26 955
$4NO_3$	248,020	39 449
N_2O	44,0128	64 358
N_2O_3	76,0116	88 088
N_2O_4	92,011	96 384
N_2O_5	108,010	03 346
Na	22,9898	36 154
2Na	45,9796	66 257
3Na	68,9694	83 866

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
4Na	91,9592	96 360
5Na	114,9490	06 051
6Na	137,9398	13 969
Na_3AlF_6	209,9413	32 210
$NaAlSi_3O_8$	262,225	41 867
$NaAsO_2$	129,9102	11 364
$Na_3AsO_4 \cdot 12H_2O$	424,073	62 744
$NaB(C_6H_5)_4$	342,229	53 432
$NaBH_4$	37,833	57 787
$NaBO_2 \cdot 4H_2O$	137,861	13 944
$NaBO_3 \cdot 4H_2O$	153,860	18 713
$Na_2B_4O_7$	201,22	30 367
$1/2Na_2B_4O_7$	100,61	00 264
$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	381,37	58 135
$1/2Na_3B_4O_7 \cdot 10H_2O$	190,69	28 033
$NaBiO_3$	279,968	44 711
NaBr	102,894	01 239
$NaBr \cdot 2H_2O$	138,925	14 278
$NaBrO_3$	150,892	17 867
$1/6NaBrO_3$	25,1487	40 052
$NaC_2H_3O_2$ .... (acétate)	82,0348	91 400
$NaC_2H_3O_2 \cdot 3H_2O$	136,081	13 380
$Na_2C_4H_4O_6 \cdot 2H_2O$ .... (tartrate)	230,083	36 188
$Na_3C_6H_5O_7 \cdot 5\ 1/2H_2O$ .... (citrate)	357,156	55 286
$Na_2C_8H_4O_4$ .... (phtalate)	210,098	32 242
NaCN	49,0077	69 026
Na_2CO_3	105,9890	02 526
$1/2Na_2CO_3$	52,9945	72 423
$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$	286,142	45 658
$1/2Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$	143,071	15 555
$Na_2C_2O_4$ .... (oxalate)	134,000	12 710
$1/2Na_2C_2O_4$	67,0000	82 607
NaCl	58,443	76 673

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
$NaClO$	74,442	87 182
$NaClO_3$	106,441	02 711
$NaClO_4$	122,440	08 792
$Na_3Co(NO_2)_6$	403,936	60 631
Na_2CrO_4	161,973	20 944
$Na_2CrO_4 \cdot 4H_2O$	234,035	36 928
$Na_2Cr_2O_7$	261,967	41 825
$Na_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$	297,998	47 421
NaF	41,9882	62 313
$Na_4Fe(CN)_6 \cdot 10H_2O$	484,07	68 491
$Na_2[Fe(CN)_5NO] \cdot 2H_2O$ (nitroprussiate)	297,953	47 415
Na_2HAsO_3	169,9074	23 021
Na_2HAsO_4	185,907	26 930
$Na_2HAsO_4 \cdot 7H_2O$	312,014	49 417
$Na_2HAsO_4 \cdot 12H_2O$	402,091	60 432
$NaHC_4H_4O_6$ (hydrotartrate)	172,071	23 571
$NaHC_8H_4O_4$ (hydrophtalate)	188,116	27 443
$Na_2H_2C_{10}H_{12}O_8N_2$ (éthylènediaminetétraacétate, complexone III, trilon B)	336,211	52 661
$Na_2H_2C_{10}H_{12}O_8N_2 \cdot 2H_2O$ (éthylènediaminetétraacétate, dihydrate)	372,242	57 083
$NaHCO_3$	84,0071	92 432
$NaHC_2O_4$	112,018	04 929
$NaHC_2O_4 \cdot H_2O$	130,033	11 405
NaH_2PO_3	87,9783	94 438
NaH_2PO_4	119,977	07 910
$NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$	156,008	19 315
Na_2HPO_4	141,959	15 216
$Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$	177,990	25 040
$Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$	358,143	55 406
$NaHS$	56,062	74 867
$NaHSO_3$	104,060	01 728
$NaHSO_4$	120,059	07 939

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
$NaHSeO_3$	150,96	17 886
NaI	149,8942	17 578
$NaIO_3$	197,8924	29 643
$NaIO_4$	213,892	33 019
$NaKC_4H_4O_6 \cdot 4H_2O$ (tartrate)	282,226	45 060
$NaMg(UO_2)_3(C_2H_3O_2)_9 \cdot 6H_2O$	1496,88	17 518
Na_2MoO_4	205,92	31 370
$Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$	241,95	38 373
NaN_3	65,0099	81 298
$NaNH_2$	39,0124	59 120
$NaNH_4HPO_4$	137,008	13 675
$NaNH_4HPO_4 \cdot 4H_2O$	209,069	32 029
$NaNO_2$	68,9953	83 882
$NaNO_3$	84,9947	92 939
Na_2O	61,9790	79 224
$1/2Na_2O$	30,9895	49 121
Na_2O_2	77,9784	89 197
$NaOH$	39,9972	60 203
$NaPO_3$	101,9618	00 844
Na_3PO_4	163,941	21 469
$Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$	380,125	57 993
$Na_4P_2O_7$	265,903	42 472
$Na_4P_2O_7 \cdot 10H_2O$	446,056	64 939
Na_2S	78,044	89 234
$Na_2S \cdot 9H_2O$	240,182	38 054
$NaSCN$	81,072	90 887
Na_2SO_3	126,042	10 051
$Na_2SO_3 \cdot 7H_2O$	252,149	40 166
Na_2SO_4	142,041	15 241
$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	322,195	50 812
$Na_2S_2O_3$	158,11	19 896
$1/2Na_2S_2O_3$	79,053	89 792
$Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$	248,18	39 477
$1/2Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$	124,091	09 374
$Na_2S_2O_4$	174,11	24 082
$Na_2S_2O_4 \cdot 2H_2O$	210,14	32 251

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
$Na_2S_2O_5$	190,10	27 898
$N_2S_2O_8$	238,10	37 676
$Na_3SbS_4 \cdot 9H_2O$	481,11	68 224
Na_2SeO_3	172,94	23 790
Na_2SiF_6	188,056	27 429
Na_2SiO_3	122,064	08 659
$Na_2SnO_3 \cdot 3H_2O$	266,71	42 604
$Na_2U_2O_7$	634,04	80 212
$Na_2U_2O_7 \cdot 6H_2O$	742,13	87 048
$NaVO_3 \cdot 4H_2O$	193,991	28 778
Na_2WO_4	293,81	46 807
$Na_2WO_4 \cdot 2H_2O$	329,84	51 830
$NaZn(UO_2)_3(C_2H_3O_2)_9 \cdot 6H_2O$	1537,94	18 694
Nb	92,906	96 804
2Nb	185,812	26 907
$NbCl_5$	270,17	43 164
Nb_2O_5	265,809	42 457
Ni	58,71	76 871
1/2Ni	29,355	46 768
2Ni	117,42	06 974
$Ni(C_2H_3O_2)_2 \cdot 4H_2O$ (acétate)	248,86	39 596
$Ni(C_4H_7O_2N_2)_2$ (diméthylglyoxime)	288,94	46 081
$Ni(C_5H_5N)_4(SCN)_2$ (pyridine)	491,28	69 133
$Ni(C_7H_6O_2N)_2$ (anthranilate)	330,97	51 979
$Ni(C_9H_6ON)_2$ (oxyquinoléate)	347,02	54 035
$Ni(C_9H_6ON)_2 \cdot 2H_2O$	383,05	58 326

Formule	Masse *a*	lg *a*
$NiCO_3$	118,72	07 452
$Ni(CO)_4$	170,75	23 236
$NiCl_2 \cdot 6H_2O$	237,71	37 605
$NiCl_2$	129,62	11 267
$Ni(NO_3)_2$	182,72	26 179
$Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	290,81	46 361
$Ni(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$	395,00	59 660
NiO	74,71	87 338
Ni_2O_3	165,42	21 859
$Ni_2P_2O_7$	291,36	46 443
NiS	90,77	95 794
$NiSO_4$	154,77	18 969
$NiSO_4 \cdot 7H_2O$	280,88	44 852
O	15,9994	20 410
1/2O	7,9997	90 307
2O	31,9988	50 513
3O	47,9982	68 122
4O	63,9976	80 616
5O	79,997	90 307
6O	95,996	98 225
7O	111,996	04 920
8O	127,995	10 719
OCH_3	31,0345	49 184
OC_2H_5	45,0616	65 381
OCN	42,0173	62 343
OH	17,0074	23 064
2OH	34,0147	53 167
3OH	51,0221	70 776
4OH	68,0295	83 270
5OH	85,037	92 961
6OH	102,044	00 879

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
Os	190,2	27 921
2Os	380,4	58 024
$OcCl_4$	332,0	52 114
OsO_2	222,2	34 674
OsO_4	254,2	40 518
P	30,9738	49 099
1/5P	6,19476	79 202
1/3P	10,32460	01 387
2P	61,9476	79 202
3P	92,9214	96 812
PBr_3	270,686	43 247
PCl_3	137,333	13 777
PCl_5	208,24	31 856
PH_3	33,9977	53 145
PO_2	62,9726	79 915
PO_3	78,9720	89 747
PO_4	94,9714	97 759
$2PO_4$	189,943	27 862
P_2O_3	109,9458	04 118
P_2O_5	141,945	15 212
P_2O_7	173,943	24 041
$POCl_3$	153,332	18 563
$P_2O_5 \cdot 24MoO_3$	3596,5	55 588
Pb	207,19	31 637
1/2Pb	103,595	01 534
2Pb	414,38	61 740
3Pb	621,57	79 349
$PbBr_2$	367,00	56 467
$Pb(C_2H_3O_2)_2$ (acétate)	325,28	51 226

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
$Pb(C_2H_3O_2)_2 \cdot 3H_2O$	379,33	57 902
$Pb(C_2H_5)_4$	323,44	50 979
$Pb(C_7H_4NS_2)OH$ (mercaptobenzothiazolide)	390,44	59 155
$Pb(C_7H_6O_2N)_2$ (salicylaldoxime ou anthranilate)	479,45	68 074
$Pb(C_{10}H_7O_5N_4)_2 \cdot 1\ 1/2H_2O$ (picrolanate)	760,60	88 116
$Pb(C_{12}H_{10}ONS)_2$ (thionalide)	639,76	80 602
$PbCO_3$	267,20	42 684
$PbCl_2$	278,10	44 420
$PbCl_4$	349,00	54 283
$PbClF$	261,64	41 770
$PbCrO_4$	323,18	50 944
PbF_2	245,19	38 950
PbI_2	461,00	66 370
$PbMoO_4$	367,13	56 482
$Pb(NO_3)_2$	331,20	52 009
PbO	223,19	34 867
PbO_2	239,19	37 874
Pb_3O_4	685,57	83 605
$Pb(OH)_2$	241,20	38 238
PbS	239,25	37 885
$PbSO_3$	287,25	45 826
$PbSO_4$	303,25	48 180
$PbWO_4$	455,04	65 805
Pd	106,4	02 694
2Pd	212,8	32 797
$Pd(C_4H_7O_2N_2)_2$ (diméthylglyoxime)	336,6	52 711
$Pd(C_7H_6O_2N)_2$ (salicylaldoxime)	378,7	57 830
$Pd(C_9H_6ON)_2$ (oxyquinoléate)	394,7	59 627

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
$Pd(CN)_2$	158,4	19 976
$PdCl_2$	177,3	24 871
$PdCl_2 \cdot 2H_2O$	213,3	32 899
PdC_4	248,2	39 480
$PdCl_6$	319,1	50 393
PbI_2	360,2	55 654
$Pd(NO_3)_2$	230,4	36 248
PdO	122,4	08 778
PdS	138,5	14 145
$PdSO_4$	202,5	30 643
$PdSO_4 \cdot 2H_2O$	238,5	37 749
Pt	195,09	29 024
1/4Pt	48,773	68 818
1/2Pt	97,545	98 921
2Pt	390,18	59 127
$PtCl_4$	336,90	52 750
$PtCl_6$	407,81	61 046
PtS	227,15	35 631
Rb	85,47	93 181
2Rb	170,94	23 284
$RbAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	520,76	71 664
Rb_2CO_3	230,95	36 352
RbCl	120,92	08 250
$RbClO_4$	184,92	26 698
RbI	212,37	32 709
$RbNO_3$	147,47	16 870
Rb_2O	186,94	27 170
Rb_2PtCl_6	578,75	76 249
$RbSO_4$	267,00	42 651

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
Re	186,2	26 998
2Re	372,4	57 101
$ReCl_3$	292,6	46 627
$ReCl_5$	363,5	56 050
ReO_2	218,2	33 885
ReO_3	234,2	36 959
ReO_4	250,2	39 829
Re_2O_7	484,4	68 520
Rh	102,905	01 244
2Rh	205,810	31 347
$RhCl_3$	209,264	32 069
RhO_2	134,904	13 002
Rh_2O_3	253,808	40 451
Ru	101,07	00 462
2Ru	202,14	30 565
RuO_4	165,07	21 767
S	32,064	50 602
2S	64,13	80 706
3S	96,19	98 313
4S	128,26	10 809
5S	160,32	20 499
6S	192,38	28 416
SCN	58,082	76 404
2SCN	116,16	06 506
3SCN	174,25	24 117
4SCN	232,33	36 611

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
5SCN	290,41	46 301
6SCN	348,49	54 219
SH	33,072	51 946
2SH	66,14	82 046
3SH	99,22	99 660
SO_2	64,063	80 661
SO_3	80,062	90 343
SO_3H	81,070	90 886
$2SO_3H$	162,14	20 989
SO_3Na	103,052	01 306
$2SO_3Na$	206,10	31 408
SO_4	96,062	98 255
$2SO_4$	192,12	28 357
$3SO_4$	288,18	45 966
S_2O_3	112,13	04 972
S_2O_4	128,13	10 765
S_2O_7	176,12	24 581
S_2O_8	192,12	28 357
S_4O_6	224,25	35 073
Sb	121,75	08 547
1/5Sb	24,350	38 650
1/3Sb	40,583	60 834
1/2Sb	60,875	78 444
2 Sb	243,50	38 650
$SbC_6H_5O_4$ (pyrogallate)	262,85	41 971
$Sb(C_9H_6ON)_3$ (oxyquinoléate)	554,21	74 367
$Sb(C_{12}H_{10}ONS)_3$ (thionalide)	770,60	88 683
$SbCl_3$	228,11	35 814
$SbCl_5$	299,02	47 570
$SbCl_3$	502,46	70 110
SbOCl	173,20	23 855

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
Sb_2O_3	291,50	46 464
Sb_2O_5	323,50	50 987
SbS_4	250,01	39 796
Sb_2S_3	339,69	53 108
Sb_2S_5	403,82	60 619
Sc	44,956	65 279
2Sc	89,912	95 382
Sc_2O_3	137,910	13 960
Se	78,96	89 741
2Se	157,92	19 844
SeO_2	110,96	04 517
SeO_3	126,96	10 367
SeO_4	142,96	15 521
Si	28,086	44 849
2Si	56,172	74 952
3Si	84,258	92 561
4Si	112,344	05 055
5Si	140,43	14 746
6Si	168,52	22 665
SiC	40,097	60 311
$SiCl_4$	169,90	23 019
SiF_4	104,080	01 737
SiF_6	142,076	15 252
SiH_4	32,118	50 675
SiO_2	60,085	77 877
SiO_3	76,084	88 129
$2SiO_3$	152,168	18 232

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
$3SiO_3$	228,253	35 842
$4SiO_3$	304,34	48 336
SiO_4	92,084	96 418
$2SiO_4$	184,167	26 521
Si_2O_7	168,168	22 574
Si_3O_8	212,253	32 685
Sn	118,69	07 441
1/4Sn	29,673	47 236
1/2Sn	59,345	77 338
2Sn	237,38	37 544
$SnCl_2$	189,60	27 784
$SnCl_2 \cdot 2H_2O$	225,63	35 340
$SnCl_4$	260,50	41 581
SnO	134,69	12 934
SnO_2	150,69	17 808
SnS	150,75	17 826
SnS_2	182,82	26 202
SnS_3	214,88	33 220
Sr	87,62	94 260
1/2Sr	43,810	64 157
2Sr	175,24	24 363
$Sr(C_2H_3O_2)_2 \cdot 1/2H_2O$ (acétate)	214,72	33 187
SrC_2O_4	175,64	24 462
$SrC_2O_4 \cdot H_2O$	193,66	28 704
$SrCO_3$	147,63	16 917
$SrCl_2$	158,53	20 011
$SrCl_2 \cdot 6H_2O$	266,62	42 589
$SrCrO_4$	203,61	30 880
$Sr(NO_3)_2$	211,63	32 558

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
$Sr(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	283,69	45 284
SrO	103,62	01 544
$Sr(OH)_2$	121,63	08 504
$Sr(OH)_2 \cdot 8H_2O$	265,76	42 449
$SrSO_3$	167,68	22 448
$SrSO_4$	183,68	26 406
SrS_2O_3	199,75	30 049
Ta	180,948	25 755
2Ta	361,896	55 858
$TaCl_5$	358,21	55 414
Ta_2O_5	441,893	64 532
Te	127,60	10 585
2Te	255,20	40 688
TeO_2	159,60	20 303
TeO_3	175,60	24 452
TeO_4	191,60	28 240
Th	232,038	36 556
2Th	464,076	66 659
$Th(C_9H_6ON)_4$ (oxyquinoléate)	808,655	90 776
$Th(C_9H_6ON)_4 \cdot (C_9H_7ON)$ (oxyquinoléate) (oxyquinoléine)	953,817	97 947
$Th(C_{10}H_7O_5N_4)_4 \cdot H_2O$ (picrolanate)	1302,818	11 488
$Th(C_2O_4)_2 \cdot 6H_2O$ (oxalate)	516,170	71 279
$ThCl_4$	373,850	57 270

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
$Th(NO_3)_4$	480,058	68 129
$Th(NO_3)_4 \cdot 4H_2O$	552,119	74 203
$Th(NO_3)_4 \cdot 12H_2O$	696,242	84 276
ThO_2	264,037	42 166
$Th(SO_4)_2$	424,16	62 753
$Th(SO_4)_2 \cdot 9H_2O$	586,30	76 812
Ti	47,90	68 034
1/4Ti	11,975	07 828
1/3Ti	15,967	20 322
2Ti	95,80	98 137
$TiCl_3$	154,26	18 825
$TiCl_4$	189,71	27 809
$TiO(C_9H_6ON)_2$ (oxyquinoléate)	352,21	54 681
TiO_2	79,90	90 255
$(TiO)_2P_2O_7$	301,74	47 963
$TiOSO_4$	159,96	20 401
Tl	204,37	31 042
2Tl	408,74	61 145
TlBr	284,27	45 373
$TlC_7H_4NS_2$ (mercaptobenzothiazolide)	370,61	56 892
$TlC_{12}H_{10}ONS$ (thionalide)	420,65	62 392
TlCl	239,82	37 989
Tl_2CrO_4	524,73	71 994
TlI	331,27	52 018
$TlNO_3$	266,37	42 549
Tl_2O	424,74	62 812
Tl_2O_3	456,74	65 967

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
TlOH	221,38	34 514
Tl_2PtCl_6	816,55	91 198
Tl_2S	440,80	64 424
Tl_2SO_4	504,80	70 312
U	238,03	37 663
1/6U	39,672	59 848
1/4U	59,508	77 458
2U	476,06	67 766
3U	714,09	85 375
UCl_4	379,84	57 960
UF_4	314,02	49 696
UF_6	352,02	54 657
UO_2	270,03	43 141
$2UO_2$	540,06	73 244
UO_3	286,03	45 641
UO_4	302,03	48 005
U_3O_8	842,09	92 536
$UO_2(C_2H_3O_2)_2$ (acétate)	388,12	58 897
$UO_2(C_2H_3O_2)_2 \cdot 2H_2O$	424,15	62 752
$UO_2(C_9H_6ON)_2 \cdot (C_9H_7ON)$ (oxyquinoléate) (oxyquinoléine)	703,50	84 726
$UO_2(NO_3)_2$	394,04	59 554
$UO_2(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	502,13	70 082
$(UO_2)_3NaMg(C_2H_3O_2)_9 \cdot 6H_2O$	1496,88	17 518
$(UO_2)_3NaZn(C_2H_3O_2)_9 \cdot 6H_2O$	1537,94	18 694
$(UO_2)_2P_2O_7$	714,00	85 370
UO_2SO_4	366,09	56 359
$UO_2SO_4 \cdot 3H_2O$	420,14	62 339

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
V	50,942	70 708
1/5V	10,1884	00 810
1/4V	12,7355	10 502
2V	101,884	00 810
VCl_4	192,754	28 500
VO	66,941	82 569
$VOCl_2$	137,847	13 940
VO_2	82,941	91 877
VO_3	98,940	99 537
VO_4	114,940	06 047
V_2O_3	149,882	17 575
$V_2O_3(C_9H_6ON)_4$ (oxyquinoléate)	726,499	86 124
V_2O_5	181,881	25 979
W	183,85	26 446
2W	367,70	56 549
WC	195,86	29 195
WCl_5	361,12	55 765
$WO_2(C_9H_5ON)_2$ (oxyquinoléate)	504,16	70 257
WO_3	231,85	36 521
WO_4	247,85	39 419
Y	88,905	94 893
2Y	177,810	24 996
Y_2O_3	225,819	35 374

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse *a*	lg *a*
Zn	65,37	81 538
1/2Zn	32,685	51 435
2Zn	130,74	11 641
3Zn	196,11	29 250
$Zn(C_2H_3O_2)O_2$ (acétate)	183,46	26 354
$Zn(C_2H_3O_2)_2 \cdot 2H_2O$	219,49	34 141
$Zn(C_5H_5N)_2(SCN)_2$ (pyridine)	339,74	53 115
$Zn(C_7H_6O_2N)_2$ (anthranilate)	337,63	52 844
$Zn(C_9H_6ON)_2$ (oxyquinoléate)	353,68	54 861
$Zn(C_{10}H_6O_2N)_2 \cdot H_2O$ (quinaldine)	427,71	63 115
$Zn(CN)_2$	117,41	06 971
$ZnCO_3$	125,38	09 823
$ZnCl_2$	136,28	13 443
$ZnHg(SCN)_4$	498,29	69 748
$ZnNH_4PO_4$	178,38	25 135
$Zn(NO_3)_2$	189,38	27 733
$Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	297,47	47 344
ZnO	81,37	91 046
$Zn(OH)_2$	99,38	99 730
$Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$	458,11	66 097
$Zn_2P_2O_7$	304,68	48 384
ZnS	97,43	98 869
$ZnSO_4$	161,43	20 798
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	287,54	45 870
Zr	91,22	96 009
2Zr	182,44	26 112
$Zr(C_9H_6ON)_4$ (oxyquinoléate)	667,84	82 467
$ZrCl_4$	233,93	36 741
$Zr(NO_3)_4$	339,24	53 051

Tableau 6 (suite)

Formule	Masse a	lg a
$Zr(NO_3)_4 \cdot 5H_2O$	429,32	63 278
ZrO_2	123,22	09 068
$ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$	322,25	50 819
ZrP_2O_7	265,16	42 351
$Zr(SO_4)_2$	283,34	45 231
$Zr(SO_4)_2 \cdot 4H_2O$	355,40	55 072
$ZrSiO_4$	183,30	26 316

Tableau 7

Facteurs analytiques et stœchiométriques*

g étant une prise d'essai de substance prélevée en vue d'une analyse, *a*, la masse du précipité desséché ou calciné (forme pondérale) et *f*, le facteur figurant dans ce *Tableau*, on trouvera la teneur p.cent en substance cherchée d'après la formule :

$$x = \frac{a \cdot f \cdot 100}{g} \% \qquad \lg x = \lg a + \lg f + 2 - \lg g$$

où *a* et *g* sont exprimées dans les mêmes unités.

On doit effectuer les calculs en négligeant les caractéristiques de logarithmes et en n'opérant que sur les mantisses. Alors chaque calcul revient à une addition de trois nombres

$$\lg a + \lg f + (1 - \lg g)$$

Les facteurs *f* figurant dans ce *Tableau* et leurs logarithmes ne sont pas toujours en bon accord. Cela est dû au fait que les facteurs sont arrondis, tandis que leurs logarithmes, qui caractérisent le stade intermédiaire de calcul, sont représentés par les nombres plus exacts.

On dose	Prise d'essai	Facteur *f*	lg *f*
Ag	AgBr	0,5745	75 926
	AgCl	0,7526	87 658
	AgI	0,4595	66 224
Al	$Al(C_9H_6ON)_3$ .... (oxyquinoléate)	0,05873	76 883
	Al_2O_3	0,5293	72 367
	$AlPO_4$	0,2212	34 487

* Sur le mode d'utilisation du *Tableau 7* voir pp. 550-552.

Tableau 7 (suite)

On dose	Prise d'essai	Facteur *f*	lg *f*
Ba	$BaCrO_4$	0,5421	73 411
	$BaSO_4$	0,5884	76 970
$BaCl_2$	$BaSO_4$	0,8923	95 049
$BaCl_2 \cdot 2H_2O$	$BaSO_4$	1,0466	01 979
Be	BeO	0,3603	55 669
Bi	$BiC_6H_3O_3$ .... (pyrogallate)	0,6293	79 887
	$Bi(C_9H_6ON)_3$ .... (oxyquinoléate)	0,3258	51 294
	$Bi(C_{12}H_{10}ONS)_3 \cdot H_2O$ .. (thionalide)	0,2386	37 767
	Bi_2O_3	0,8970	95 279
	BiOCl	0,8024	90 441
	$BiPO_4$	0,6875	83 730
Br	AgBr	0,4255	62 894
C	CO_2	0,2729	43 603
	$BaCO_3$	0,06086	78 434
CN	AgCN	0,1943	28 853

Tableau 7 (suite)

On dose	Prise d'essai	Facteur f	lg f
CO_2	$BaCO_3$	0,2230	34 831
	$CaCO_3$	0,4397	64 316
CO_3	$BaCO_3$	0,3041	48 298
Ca	$CaCO_3$	0,4004	60 254
	$CaC_2O_4 \cdot H_2O$ .... (oxalate)	0,2743	43 822
	CaO	0,7147	85 412
	$CaSO_4$	0,2944	46 894
$CaCO_3$	CO_2	2,274	35 684
	CaO	1,785	25 158
Cd	$Cd(C_7H_4NS_2)_2$ .... (mercaptobenzothiazolide)	0,2527	40 252
	$Cd(C_7H_6O_2N)_2$ .... (anthranilate)	0,2922	46 569
	$Cd(C_9H_6ON)_2$ .... (oxyquinoléate)	0,2805	44 794
	$Cd(C_{10}H_6O_2N)_2$ .... (quinaldinate)	0,2461	39 111
	CdO	0,8754	94 220
	$Cd_2P_2O_7$	0,5638	75 111

Tableau 7 (suite)

On dose	Prise d'essai	Facteur f	lg f
Cl	AgCl	0,2474	39 334
ClO_3	AgCl	0,5823	76 512
ClO_4	AgCl	0,6939	84 130
Co	$Co_2P_2O_7$	0,4039	60 629
Cr	$BaCrO_4$	0,2053	31 228
CrO_4	$BaCrO_4$	0,4579	66 075
Cr_2O_7	$BaCrO_4$	0,4263	62 971
Cu	$Cu(C_5H_5N)_2(SCN)_2$ .... (pyridine)	0,1881	27 429
	$Cu(C_9H_6ON)_2$ .... (oxyquinoléate)	0,1806	25 673
	$CuC_{14}H_{11}O_2N$ .... (cupron)	0,2200	34 250
	CuO	0,7989	90 248

Tableau 7 (suite)

On dose	Prise d'essai	Facteur f	lg f
F	CaF_2 .... PbClF	0,4866 0,07261	68 721 86 102
Fe	Fe_2O_3	0,6994	84 473
H	H_2O	0,1119	04 884
HBr	AgBr	0,4309	63 438
HCN	AgCN	0,2019	30 504
HI	AgI	0,5448	73 626
HNO_3	$C_{20}H_{16}N_4 \cdot HNO_3$ .... (nitron)	0,1679	22 495
H_3PO_4	$Mg_2P_2O_7$	0,8806	94 478
H_2SO_4	$BaSO_4$	0,4202	62 347

Tableau 7 (suite)

On dose	Prise d'essai	Facteur *f*	lg *f*
K	$K(C_6H_5)_4B$	0,1091	03 790
	KCl	0,5245	71 972
	$KClO_4$	0,2822	45 058
	$KN(C_6H_2)_2(NO_2)_6$ ..... (dipicrylaminate)	0,08192	91 340
	K_2PtCl_6	0,1609	20 658
	K_2SO_4	0,4489	65 212
Li	Li_3PO_4	0,1798	25 476
Mg	$Mg(C_9H_6ON)_2$ .... (oxyquinoléate)	0,07775	89 069
	$Mg_2P_2O_7$	0,2184	33 930
Mn	$Mn_2P_2O_7$	0,3871	58 786
Mo	MoO_3	0,6665	82 382
	$PbMoO_4$	0,2613	41 718
MoO_4	$PbMoO_4$	0,4357	63 914
N	Pt	0,1436	15 713

Tableau 7 (suite)

On dose	Prise d'essai	Facteur *f*	lg *f*
NH_4	Pt	0,1849	26 699
Na	Na_2SO_4	0,3237	51 016
	$NaZn(UO_2)_3\times$ $\times(C_2H_3O_2)_9\cdot 6H_2O$	0,01495	17 460
Ni	$NiC_8H_{14}N_4O_4$ .... (diméthylglyoxime)	0,2032	30 790
	NiO	0,7858	89 533
	$NiSO_4$	0,3793	57 902
P	$Mg_2P_2O_7$	0,2783	44 456
	$(NH_4)_3PO_4\cdot 12MoO_3$	0,01651 (théorique)	21 769
		0,01639 (empirique)	21 464
	$P_2O_5\cdot 24MoO_3$	0,01722	23 614
Pb	$PbCrO_4$	0,6411	80 693
	$PbMoO_4$	0,5644	75 155
	$PbSO_4$	0,6832	83 457
S	$BaSO_4$	0,1374	13 792

Tableau 7 (suite)

On dose	Prise d'essai	Facteur *f*	lg *f*
SCN	AgSCN	0,3500	34 831
	$BaSO_4$	0,4397	64 316
SO_4	$BaSO_4$	0,4116	61 445
Si	SiO_2	0,4674	66 972
Sn	SnO_2	0,7876	89 633
Sr	$SrC_2O_4 \cdot H_2O$	0,4524	65 556
	SrO	0,8456	92 716
	$SrSO_4$	0,4770	67 854
Ti	TiO_2	0,5995	77 779
Tl	Tl_2CrO_4	0,7790	89 151
	TlI	0,6169	79 024
U	U_3O_8	0,8480	92 839
W	WO_3	0,7930	89 925

Tableau 7 (suite)

On dose	Prise d'essai	Facteur *f*	lg *f*
Zn	$Zn(C_5H_5N)_2(SCN)_2$ .... (pyridine)	0,1924	28 423
	$Zn(C_7H_6O_2N)_2$ (anthranilate)	0,1936	28 694
	$Zn(C_9H_6ON)_2$ .... (oxyquinoléate)	0,1848	26 677
	$ZnHg(SCN)_4$	0,1312	11 790
	ZnO	0,8034	90 492
	$Zn_2P_2O_7$	0,4291	63 257
Zr	ZrO_2	0,7403	86 941

Tableau 8

Solubilités de certains composés minéraux et organiques dans l'eau

On indique dans la première colonne le nombre de grammes (*P*) de substance anhydre qui est dissoute dans 100 g d'eau à une température indiquée en ligne supérieure. Si l'on désire d'exprimer ces données en p. cent pondéraux (P_1 %), c.-à-d. en grammes de substance anhydre renfermés dans 100 g de solution saturée, on effectuera le calcul d'après la formule

$$P=\frac{P\cdot 100}{100+P}$$

P. S. signifie la phase solide, c.-à-d. l'hydrate cristallisé qui se trouve en équilibre avec la solution saturée. Certaines colonnes représentent les solubilités de deux ou plusieurs hydrates cristallisés de la même substance à une seule température, à 0°, par exemple la solubilité de $Na_2SO_4\cdot 10H_2O$ est égale à 5,0 g/100 g, celle de $Na_2SO_4\cdot 7H_2O$ est de 19,5 g/100 g. Dans ces cas l'hydrate cristallisé à la plus faible solubilité se trouvera en *équilibre stable* avec la solution saturée, les autres hydrates cristallisés en *équilibre métastable*.

Les valeurs des solubilités des sels peu solubles sont calculées à partir de leurs produits de solubilité (voir *Tableau 10*).

Les substances sont disposées par ordre alphabétique des symboles chimiques figurant dans la formule, pour laquelle on adopte la représentation la plus répandue. On doit tenir compte de ce fait lorsqu'on cherche à trouver dans le *Tableau 8* des sels acides, basiques, doubles et complexes dont les formules peuvent être représentées d'une manière différente.

Les solubilités des gaz correspondent à une pression de 760 mm Hg.

n°	Formule	P. S.*	Température (°C) 0	10	20	30
			Solubilité du composé anhydre dans			
1	$AgC_2H_3O_2$	—	0,72	0,88	1,04	1,21
2	AgF	$2H_2O$	—	119,8	172,0	190,1
3	$AgNO_2$	—	0,155	0,220	0,340	0,510
4	$AgNO_3$		122	170	222	300
5	Ag_2SO_4	—	0,57	0,69	0,79	0,88
6	$AlCl_3$	$6H_2O$	43,8	44,9	45,9	46,6
7	$Al(NO_3)_3$	$9H_2O$	61	67	75,4	81
8	$Al_2(SO_4)_3$	$18H_2O$	31,2	33,5	36,4	40,4
9	As_2O_3	—	1,21	—	2,04 (25 °C)	—
10	As_2O_5	—	59,5	62,1	65,9	69,5
11	B_2O_3	—	1,1	1,5	2,2	—
12	$BaBr_2$	$2H_2O$	98	101	104	109
13	$Ba(BrO_3)_2$	H_2O	0,287	0,441	2,656	0,96
14	$Ba(C_2H_3O_2)_2$	$3H_2O$	59	63	71	—
15	$Ba(C_2H_3O_2)_2$	H_2O	—	—	—	75
16	$BaCl_2$	$2H_2O$	31,6	33,3	35,7	38,2
17	$Ba(ClO_3)_2$	H_2O	20,33	26,95	33,80	41,70
18	$Ba(ClO_4)_2$	$3H_2O$	205,8	—	289,2	—
19	BaI_2	$7\,1/2H_2O$	166,6	184,1	203,1	219,6
20	BaI_2	$2H_2O$	—	—	—	—
21	$Ba(NO_2)_2$	H_2O	—	—	67,5	—
22	$Ba(NO_3)_2$	—	5,0	7,0	9,2	11,6
23	$Ba(OH)_2$	$8H_2O$	1,67	2,48	3,89	5,59
24	$BaSO_4$	—	—	$2\cdot10^{-4}$	$2,4\cdot10^{-4}$	$2,8\cdot10^{-4}$

* Le nombre de molécules d'eau d'un hydrate cristallisé (P. S.) se trouvant en équilibre avec la solution saturée.

Tableau 8 (suite)

40	50	60	70	80	90	100	n°
100 g d'eau à une température donnée (g)							
1,41	1,64	1,89	2,18	2,52	—	—	1
222,0	—	—	—	—	—	—	2
0,715	0,995	1,363	—	—	—	—	3
376	455	525	—	669	—	952	4
0,98	1,08	1,15	1,23	1,30	1,36	1,41	5
47,3	—	48,1	—	48,6	—	49,0	6
89	96	108	120	132,5	153	159	7
45,7	52,2	59,2	66,2	73,1	86,8	89,0	8
2,93	3,43	4,44	5,62 (75 °C)	—	—	8,17	9
71,2	—	73,0	—	75,2	—	75,7	10
4,0	—	6,2	—	9,5	—	15,7	11
114	118	123	128	135	—	149	12
1,33	1,75	2,32	3,01	3,65	4,45	5,7	13
—	—	—	—	—	—	—	14
79	77	74	74	—	—	75	15
40,7	43,6	46,4	49,4	52,4	—	58,8	16
49,61	—	66,80	—	84,84	—	104,9	17
358,7	—	426,3	—	495,2	—	562,2	18
—	—	—	—	—	—	—	19
223,7	234,3	241,3	246,6	257,1	270,4	284,5	20
101,2	—	141,9	—	205,8	—	300	21
14,2	17,1	20,3	23,6	27,0	30,6	34,2	22
8,22	13,12	20,94	35,6	101,4	—	—	23
—	—	—	—	$4 \cdot 10^{-4}$	—	—	24

n°	Formule	P. S.*	Température (°C)			
			0	10	20	30
			Solubilité du composé anhydre dans			
25	$BaSiF_6$	—	—	—	$2,1\cdot10^{-2}$	$2,7\cdot10^{-2}$
26	$Be(NO_3)_2$	$4H_2O$	49,4	—	—	52,3
27	$BeSO_4$	$4H_2O$	37,0	—	39,9	43,8
28	Br_2	—	4,22	3,4	3,20	3,13
29	CO	—	$4,4\cdot10^{-3}$	$3,5\cdot10^{-3}$	$2,8\cdot10^{-3}$	$2,4\cdot10^{-3}$
30	CO_2	—	0,3346	0,2318	0,1688	0,1257
31	$CaBr_2$	$6H_2O$	125	132	143	—
32	$CaBr_2$	$4H_2O$	—	—	—	—
33	$Ca(C_2H_3O_2)_2$	$2H_2O$	37,4	36,0	34,7	33,8
34	$Ca(C_2H_3O_2)_2$	H_2O	—	—	—	—
35	$CaCO_3$	—	$8,1\cdot10^{-3}$	$7,0\cdot10^{-3}$	$6,5\cdot10^{-3}$	$5,2\cdot10^{-3}$
36	$CaCl_2$	$6H_2O$	59,5	65,0	74,5	102
37	$CaCl_2$	$2H_2O$	—	—	—	—
38	$Ca(HCO_3)_2$ ...	—	0,1615	—	0,1660	—
39	$Ca(H_2PO_2)_2$ ...	—	—	—	15,4 (25 °C)	—
40	CaI_2	—	182,5	194,1	208,6	222,5
41	$Ca(IO_3)_2$	$6H_2O$	0,10	0,17	—	0,42
42	$Ca(IO_3)_2$	H_2O	—	—	—	—
43	$Ca(NO_2)_2$	$4H_2O$	62,1	—	76,7	—
44	$Ca(NO_2)_2$	$2H_2O$	—	—	—	—
45	$Ca(NO_3)_2$	$4H_2O$	102,1	115,3	129,3	152,6
46	$Ca(NO_3)_2$	$3H_2O$	—	—	—	—
47	$Ca(NO_3)_2$	—	—	—	—	—
48	$Ca(OH)_2$	—	0,185	0,176	0,165	0,153
49	$CaSO_3$	$2H_2O$	—	—	$4,3\cdot10^{-3}$	—
50	$CaSO_4$	$2H_2O$	0,1759	0,1928	0,2036	0,209

* Le nombre de molécules d'eau d'un hydrate cristallisé (P. S.) se trouvant en équilibre avec la solution saturée.

Tableau 8 (suite)

40	50	60	70	80	90	100	n°
100 g d'eau à une température donnée (g)							
$3 \cdot 10^{-2}$	$3,3 \cdot 10^{-2}$	—	—	—	—	$9 \cdot 10^{-2}$	25
—	58,6	64,0	—	—	—	—	26
46,7	—	55,5	62	—	83	100	27
—	—	—	—	—	—	—	28
$2,1 \cdot 10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-4}$	—	29
0,0973	0,0761	0,0576	—	—	—	—	30
—	—	—	—	—	—	—	31
68,1	—	73,5	—	74,7	—	—	32
33,2	32,8	32,7	33,0	33,5	—	—	33
—	—	—	—	—	31,1	29,7	34
$4,4 \cdot 10^{-3}$	$3,8 \cdot 10^{-3}$	—	—	—	—	—	35
—	—	—	—	—	—	—	36
—	—	136,8	141,7	147,0	152,7	159,0	37
0,1705	—	0,1750	—	0,1795	—	0,1840	38
—	—	—	—	—	—	12,5	39
242,4	—	284,5	—	354,6	—	426,3	40
0,61	0,90	1,38	—	—	—	—	41
0,52	0,59	0,65	—	0,80	—	0,95	42
—	—	—	—	—	—	—	43
—	—	132,5	151,9	—	244,8	—	44
196,0	—	—	—	—	—	—	45
237,5	281,5	—	—	—	—	—	46
—	—	—	—	358,7	—	363,7	47
0,141	0,128	0,116	0,106	0,094	0,085	0,077	48
$6,3 \cdot 10^{-3}$	—	—	$4,5 \cdot 10^{-3}$	$3,1 \cdot 10^{-3}$	$2,7 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	49
0,2097	—	0,2047	0,1974	0,1966	—	0,1619	50

n°	Formule	P. S.*	Température (°C) 0	10	20	30
			Solubilité du composé anhydre dans			
51	$CdBr_2$	$4H_2O$	56,2	75,4	98,8	128,8
52	$CdCl_2$	$2\ 1/2H_2O$	90,01	122,8	—	—
53	$CdCl_2$	H_2O	—	135,1	134,5	—
54	CdI_2	—	79,8	83,2	86,2	89,7
55	$Cd(NO_3)_2$	$9H_2O$	106	—	—	—
56	$Cd(NO_3)_2$	$4H_2O$	—	—	153	—
57	$Cd(NO_3)_2$	—	—	—	—	—
58	$CdSO_4$	$8/3H_2O$	75,4	76,1	—	77,7
59	$CdSO_4$	H_2O	—	—	—	—
60	$Ce(NH_4)_2(NO_3)_6$	—	—	—	129,3	153,8
61	$CeNH_4(SO_4)_2$	$4H_2O$	—	—	5,33	—
62	$Ce_2(SO_4)_3$	$9H_2O$	20,98	—	10,08	6,79
63	$Ce_2(SO_4)_3$	$8H_2O$	16,96	—	9,52	—
64	$Ce_2(SO_4)_3$	$5H_2O$	—	—	—	—
65	$Ce_2(SO_4)_3$	$4H_2O$	—	—	—	—
66	Cl_2	—	1,46	0,980	0,716	0,562
67	$CoCl_2$	$6H_2O$	43,5	47,7	52,9	59,7
68	$CoCl_2$	$2H_2O$	—	—	—	—
69	CoI_2	$6H_2O$	138,1	159,7	187,4	233,3
70	$Co(IO_3)_2$	$2H_2O$	—	—	0,45	0,52
71	$Co(NO_3)_2$	$6H_2O$	84,05	—	100,0	111,4
72	$Co(NO_3)_2$	$3H_2O$	—	—	—	—
73	$Co(NO_2)_2$	—	0,076	0,24	0,40	0,60
74	$CoSO_4$	$7H_2O$	25,5	—	36,3	—
75	$CoSO_4$	$6H_2O$	—	—	—	—
76	$CoSO_4$	H_2O	—	—	—	—
77	CrO_3	—	164,8	166,0	167,4	169,5

* Le nombre de molécules d'eau d'un hydrate cristallisé (P. S.) se trouvant en équilibre avec la solution saturée.

Tableau 8 (suite)

40	50	60	70	80	90	100	n°
100 g d'eau à une température donnée (g)							
151,9	—	152,9	—	155,1	—	160,8	51
—	—	—	—	—	—	—	52
135,3	—	136,5	—	140,5	—	147,0	53
93,8	97,4	100,4	110,0	—	—	124,9	54
—	—	—	—	—	—	—	55
199	—	—	—	—	—	—	56
—	—	619	—	646	—	682	57
78,6	—	—	—	—	—	—	58
—	77,1	—	70,3	67,6	64,5	58,4	59
183,0	—	196,5	—	219,6	—	—	60
3,29	—	—	—	—	1,05	—	61
—	4,67	3,88	—	—	—	—	62
5,95	—	4,04	—	—	—	—	63
—	—	3,25	—	1,20	—	0,46	64
6,05	3,42	2,35	—	1,01	—	0,41	65
0,451	0,386	0,324	0,274	0,219	0,125	0	66
69,5	—	—	—	—	—	—	67
—	88,7	93,8	95,3	97,6	101,2	106,2	68
300,0	376,1	—	—	400,0	—	—	69
—	0,67	—	—	—	—	1,33	70
126,8	—	—	—	—	—	—	71
—	—	167,4	184,8	220,5	334,8	—	72
0,84	—	—	—	—	—	—	73
49,9	—	—	—	—	—	—	74
—	—	55,0	—	—	—	—	75
—	—	—	—	73,8	—	83,9	76
174,0	182,5	186,5	—	194,1	198,6	206,7	77

n°	Formule	P. S.*	Température (°C) 0	10	20	30
			Solubilité du composé anhydre dans			
78	$CsAl(SO_4)_2$ ...	$12H_2O$	0,34	—	0,46	—
79	CsCl	—	161,4	174,7	186,5	197,3
80	$CsClO_3$	—	2,46	3,8	6,2	9,5
81	$CsClO_4$	—	0,8	1,0	1,6	2,6
82	CsF	$1\ 1/2H_2O$	—	—	366,6 (18 °C)	—
83	$CsIO_3$	—	—	—	2,6 (24 °C)	—
84	$CsIO_4$	—	—	2,15 (15 °C)	—	—
85	$CsNO_3$	—	9,33	14,9	23,0	33,9
86	CsOH	—	—	79,41 (15 °C)	—	75,18
87	Cs_2PtCl_6	—	$4{,}7\cdot10^{-3}$	$6{,}4\cdot10^{-3}$	$8{,}6\cdot10^{-3}$	$11{,}9\cdot10^{-3}$
88	Cs_2SO_4	—	167,1	173,1	178,7	184,1
89	$CuBr_2$	$4H_2O$	107,5	116,0	126,8	127,7
90	$CuCl_2$	$4H_2O$	68,6	70,9	—	—
91	$CuCl_2$	$2H_2O$	—	—	72,7	77,3
92	CuI_2	—	—	—	1,107	—
93	$Cu(IO_3)_2$	H_2O	—	—	0,153	—
94	$Cu(NH_4)_2Cl_4$	$2H_2O$	28,24	—	35,05	—
95	$Cu(NO_3)_2$	$6H_2O$	81,8	100,0	124,8	154,4
96	$Cu(NO_3)_2$	$3H_2O$	—	—	—	—
97	$CuSO_4$	$5H_2O$	14,3	17,4	20,7	25,0
98	$FeBr_2$	$6H_2O$	102,1	—	115,0	122,3
99	$FeCl_2$	$4H_2O$	—	64,5	—	73,0
100	$FeCl_2$	$2H_2O$	—	—	—	—

* Le nombre de molécules d'eau d'un hydrate cristallisé (P. S.) se trouvant en équilibre avec la solution saturée.

Tableau 8 (suite)

40	50	60	70	80	90	100	n°
100 g d'eau à une température donnée (g)							
0,89	—	2,00	—	5,49	—	42,54	78
208,0	218,3	229,7	239,5	250,0	260,1	270,5	79
13,8	19,4	26,2	34,7	45,0	58,0	79,0	80
4,0	5,4	7,3	9,8	14,4	20,5	30,0	81
—	—	160	—	—	—	—	82
—	—	—	—	—	—	—	83
—	—	—	—	—	—	—	84
47,2	64,4	83,8	107,0	134,0	163,0	197,0	85
—	—	—	—	—	—	—	86
$15,8\cdot10^{-3}$	$21,2\cdot10^{-3}$	$29,0\cdot10^{-3}$	$38,9\cdot10^{-3}$	$52,5\cdot10^{-3}$	$67,5\cdot10^{-3}$	$91,5\cdot10^{-3}$	87
189,9	194,9	199,9	205,0	210,3	214,9	220,3	88
—	131,4	—	—	—	—	—	89
—	—	—	—	—	—	—	90
80,8	84,2	87,6	92,3	96,1	103,6	110,0	91
—	—	—	—	—	—	—	92
—	—	—	—	—	—	0,65	93
43,82	—	56,57	—	76,56	—	—	94
—	—	—	—	—	—	—	95
163,1	171,8	181,8	194,1	207,8	222,5	247,3	96
28,5	33,3	40,0	47,1	55	64,2	75,4	97
128,3	—	143,9	—	159,7	—	177,8	98
77,3	82,5	88,7	—	100,0	—	—	99
—	—	—	—	—	105,3	105,8	100

n°	Formule	P. S.*	Température (°C) 0	10	20	30
			Solubilité du composé anhydre dans			
101	$FeCl_3$	$6H_2O$	74,4	81,8	91,9	106,8
102	$FeCl_3$	$2H_2O$	—	—	—	—
103	$FeCl_3$	—	—	—	—	—
104	$Fe(NO_3)_3$	$6H_2O$	78,03	—	83,03	—
105	$FeSO_4$	$7H_2O$	15,65	20,5	26,5	32,9
106	$FeSO_4$	H_2O	—	—	—	—
107	H_2	—	$1{,}982 \cdot 10^{-4}$	$1{,}740 \cdot 10^{-4}$	$1{,}603 \cdot 10^{-4}$	$1{,}474 \cdot 10^{-4}$
108	H_3BO_3	—	2,66	3,57	5,04	6,72
109	HBr	—	221,2	210,3	198,2	—
110	$H_2C_2O_4$	$2H_2O$	3,54	6,08	9,52	14,3
111	$H_2C_4H_4O_4$ .... (succinique)	—	2,80	4,50	6,91	10,62
112	$H_2C_4H_4O_6$ .... (tartrique)	—	115,0	126,3	139,2	156,4
113	$H_3C_6H_5O_7$ .... (citrique)	H_2O	96	118	146	183
114	$H_3C_6H_5O_7$	—	—	—	—	—
115	$HC_7H_5O_2$ ..... (benzoïque)	—	0,17	0,21	0,29	0,41
116	$HC_7H_5O_3$ ..... (salicylique)	—	0,090	0,14	0,22	0,30
117	HCl	—	82,3	—	—	67,3
118	HIO_3	—	236,7	—	257,1	—
119	H_2S	—	0,699	0,502	0,378	0,294
120	H_2SeO_3	—	90,1	122,3	166,6	235,6
121	H_2SeO_4	H_2O	426,3	—	566,6	—
122	H_2SeO_4	—	—	—	—	132,5
123	H_2TeO_4	$6H_2O$	16,17	35,52	—	—
124	H_2TeO_4	$2H_2O$	—	33,85	—	50,05

* Le nombre de molécules d'eau d'un hydrate cristallisé (P. S.) se trouvant en équilibre avec la solution saturée.

Tableau 8 (suite)

40	50	60	70	80	90	100	n°
100 g d'eau à une température donnée (g)							
—	—	—	—	—	—	—	101
—	315,2	—	—	—	—	—	102
—	—	—	—	525,0	—	536,9	103
—	—	166,6	—	—	—	—	104
40,2	48,6	—	—	—	—	—	105
—	—	—	50,9	43,6	37,3	—	106
$1{,}384 \cdot 10^{-4}$	$1{,}287 \cdot 10^{-4}$	$1{,}178 \cdot 10^{-4}$	$1{,}021 \cdot 10^{-4}$	$0{,}790 \cdot 10^{-4}$	$0{,}461 \cdot 10^{-4}$	0	107
8,72	11,54	14,81	18,62	23,62	30,38	40,3	108
—	171,3	—	—	—	—	130,0	109
21,5	31,4	44,3	65,0	84,5	119,8	—	110
16,1	24,4	35,9	51,1	70,9	—	121,3	111
176,2	195,0	218,5	244,8	273,2	—	344,4	112
—	—	—	—	—	—	—	113
216	244	278	—	371	—	526	114
0,56	0,78	1,16	—	2,71	—	5,88	115
0,42	0,64	0,90	1,39	2,26	3,89	8,12	116
63,3	59,6	56,1	—	—	—	—	117
280,2	—	314,9	—	360,8	—	420,8	118
0,232	0,186	0,146	0,109	0,076	0,041	0,000	119
344,4	380,7	383,0	383,0	383,0	385,4	—	120
—	—	—	—	—	—	—	121
1718	2753	∞	—	—	—	—	122
—	—	—	—	—	—	—	123
57,19	—	77,54	—	106,4	—	155,3	124

n°	Formule	P. S.*	Température (°C) 0	10	20	30
			Solubilité du composé anhydre dans			
125	$HgBr_2$	—	0,3	0,4	0,55	0,65
126	$Hg(CN)_2$	—	—	9,3 (13,5°C)	—	—
127	$HgCl_2$	—	4,3	5,6	6,6	8,3
128	Hg_2Cl_2	—	$1,4 \cdot 10^{-4}$	—	$2 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-4}$
129	I_2	—	$1,62 \cdot 10^{-2}$	$1,9 \cdot 10^{-2}$	$2,9 \cdot 10^{-2}$	$4,0 \cdot 10^{-2}$
130	$KAl(SO_4)_2$	$12H_2O$	3,0	4,0	5,9	8,4
131	$KAuBr_4$	$2H_2O$	—	18,3 (15 °C)	—	—
132	$KAuCl_4$	$2H_2O$	—	38,3	61,8	94,9
133	$KBeF_3$	—	—	—	2,0	—
134	KBr	—	53,5	59,5	65,5	70,6
135	$KBrO_3$	—	3,1	4,8	6,9	9,5
136	$KC_2H_3O_2$	$1\ 1/2H_2O$	216,7	233,9	255,6	283,8
137	$KC_2H_3O_2$	$1/2H_2O$	—	—	—	—
138	KCN	—	63	—	71,6 (25 °C)	—
139	K_2CO_3	$1\ 1/2H_2O$	105,3	108,3	110,5	113,7
140	$K_2C_2O_4$	H_2O	20,3	23,7	26,4	28,6
141	KCl	—	27,6	31,0	34,0	37,0
142	$KClO_3$	—	3,3	5,0	7,4	10,5
143	$KClO_4$	—	0,75	1,05	1,80	2,6
144	K_2CrO_4	—	58,2	60,0	61,7	63,4
145	$K_2Cr_2O_7$	—	5,0	8,5	13,1	18,2
146	$KCr(SO_4)_2$	$12H_2O$	—	—	12,51 (25 °C)	—
147	KF	$4H_2O$	44,72	53,55	—	—

* Le nombre de molécules d'eau d'un hydrate cristallisé (P. S.) se trouvant en équilibre avec la solution saturée.

Tableau 8 (suite)

40	50	60	70	80	90	100	n°
100 g d'eau à une température donnée (g)							
0,91	1,27	1,68	—	2,8	—	4,9	125
—	—	—	—	—	—	53,85	126
9,9	11,1	14,9	17,2	24,2	37,2	63,6	127
—	—	—	—	—	—	—	128
$5{,}6\cdot10^{-2}$	$7{,}8\cdot10^{-2}$	$10{,}6\cdot10^{-2}$	—	—	—	—	129
11,7	17,0	24,8	40,0	71,0	109,0	154	130
—	—	—	—	—	—	192	131
145	233	405	—	—	—	—	132
—	—	—	—	—	—	5,2	133
75,5	80,2	85,1	90,0	95,0	99,2	104,0	134
13,2	17,5	22,7	—	34,0	—	50,0	135
323,3	—	—	—	—	—	—	136
—	337,3	350,0	364,8	380,1	396,3	—	137
—	81	—	—	95	—	122	138
116,9	121,3	126,8	133,5	139,8	147,5	155,7	139
30,8	33,0	35,1	37,2	39,5	41,3	44,0	140
40,0	42,6	45,5	48,1	51,1	54,0	56,7	141
14,0	19,3	25,9	32,5	39,7	47,7	56,2	142
4,4	6,5	9,0	11,8	14,8	18,0	21,8	143
65,2	66,8	68,6	70,4	72,1	73,9	75,6	144
29,2	37,0	50,5	61,5	73,0	96,2	102,0	145
—	—	—	—	—	—	—	146
—	—	—	—	—	—	—	147

n°	Formule	P. S.*	Température (°C) 0	10	20	30
			Solubilité du composé anhydre dans			
148	KF	$2H_2O$	—	—	94,93	108,1
149	KF	—	—	—	—	—
150	$K_3Fe(CN)_6$ ...	—	~30	36,6	42,9	—
151	$K_4Fe(CN)_6$ ...	$3H_2O$	14,9	21,2	28,9	36,8
152	$KHCO_3$	—	22,6	27,7	33,3	39,1
153	$KH_3(C_2O_4)_2$ ...	$2H_2O$	1,27	—	—	4,29
154	$KHC_4H_4O_6$ ...	—	0,32	0,40	0,53	0,90
155	$KHC_8H_4O_4$ ... (hydrophtalate)	—	—	—	10	—
156	KHF_2	—	24,53	30,10	39,18	—
157	KH_2PO_4	—	14,8	18,4	22,6	—
158	$KHSO_4$	—	36,3	—	51,4	—
159	KI	—	127,5	136	144	152
160	KIO_3	—	4,73	—	8,13	11,73
161	KIO_4	—	0,17	—	0,42	—
162	$KMnO_4$	—	2,83	4,4	6,4	9,0
163	KNO_2	—	278,8	—	298,4	—
164	KNO_3	—	13,3	20,9	31,6	45,8
165	$KNaC_4H_4O_6$	$4H_2O$	28,4	40,6	54,8	76,4
166	KOH	$2H_2O$	97	103	112	126
167	KOH	H_2O	—	—	—	—
168	K_2PtCl_6	—	0,74	0,90	1,12	1,41
169	KSCN	—	177	196	217,5	255
170	K_2SO_3	—	106,2	106,6	106,0	—
171	K_2SO_4	—	7,35	9,22	11,11	12,97
172	$K_2S_2O_5$	—	28,4	36,2	44,7	—
173	$K_2S_2O_8$	—	1,8	2,7	4,7	7,7
174	$KSbOC_4H_4O_6$	1/2H_2O	—	5,3	8,0	12,2
175	K_2SiF_6	—	—	—	0,12	—
176	$La_2(SO_4)_3$	$9H_2O$	3,0	—	—	1,9

* Le nombre de molécules d'eau d'un hydrate cristallisé (P. S.) se trouvant en équilibre avec la solution saturée.

Tableau 8 (suite)

40	50	60	70	80	90	100	n°
100 g d'eau à une température donnée (g)							
—	—	—	—	—	—	—	148
—	—	142,2	—	150,1	—	—	149
61,3	—	71,0	—	81,8	—	91,6	150
42,7	—	55,9	57,5	68,6	74,8	77,8	151
45,3	52,0	60,0	—	—	—	—	152
—	—	12,0	—	—	—	66,7	153
1,3	1,8	2,5	—	4,6	—	7,0	154
—	—	—	—	—	—	33	155
56,37	—	78,83	—	114,0	—	—	156
33,5	—	50,1	—	70,4	83,5	—	157
67,3	—	—	—	—	—	121,6	158
160	168	176	184	192	200	208	159
12,8	—	18,5	—	24,8	—	32,2	160
0,93	—	2,16	—	4,44	—	7,87	161
12,56	16,89	22,2	—	—	—	—	162
334,8	—	350	—	376	—	412,9	163
63,9	85,5	110,0	138	169	202	246	164
—	—	—	—	—	—	—	165
—	—	—	—	—	—	—	166
136	140	147	—	160	—	178	167
1,76	2,17	2,64	3,19	3,79	4,45	5,18	168
290	325	372	420	488	575	674	169
108,7	—	—	—	111,4	122,3	—	170
14,76	16,56	18,17	19,75	21,4	22,4	24,1	171
64,0	—	83,2	—	106,6	119,3	—	172
11,0	—	—	—	—	—	—	173
—	—	—	31,2 (75 °C)	—	—	35,9	174
0,25	—	—	—	0,46	—	0,954	175
—	1,5	—	—	—	—	0,69	176

n°	Formule	P. S.*	Température (°C) 0	10	20	30
			Solubilité du composé anhydre dans			
177	LiBr	$2H_2O$	143	166	177	191
178	LiBr	H_2O	—	—	—	—
179	Li_2CO_3	—	1,54	1,43	1,33	1,25
180	LiCl	H_2O	67	72	78,5	84,5
181	LiF	—	—	—	0,26 (18 °C)	—
182	LiI	$3H_2O$	151	157	165	171
183	LiI	H_2O	—	—	—	—
184	$LiNO_3$	$3H_2O$	53,4	61,0	74,5	132,5
185	$LiNO_3$	$1/2H_2O$	—	—	—	—
186	$LiNO_3$	—	—	—	—	—
187	LiOH	H_2O	12,7	12,7	12,8	12,9
188	Li_2SO_4	H_2O	35,3	35,0	34,2	33,5
189	$MgBr_2$	$6H_2O$	91,0	94,5	96,5	99,2
190	$MgCl_2$	$6H_2O$	52,8	53,5	54,5	—
191	MgI_2	$8H_2O$	120,8	—	139,8	—
192	$MgNH_4AsO_4$	$6H_2O$	—	—	$3{,}8 \cdot 10^{-2}$	—
193	$MgNH_4PO_4$ ...	$6H_2O$	$2{,}3 \cdot 10^{-2}$	—	$5{,}2 \cdot 10^{-2}$	—
194	$Mg(NO_3)_2$	$6H_2O$	62,6	—	70,1	74,8
195	$MgSO_4$	$7H_2O$	—	30,9	35,5	40,8
196	$MgSO_4$	$6H_2O$	40,8	42,3	44,5	45,4
197	$MgSO_4$	H_2O	—	—	—	—
198	$MnBr_2$	$4H_2O$	127,3	135,8	146,9	157,0
199	$MnBr_2$	$2H_2O$	—	—	—	—
200	$MnCl_2$	$4H_2O$	63,4	68,1	73,9	80,7
201	$MnCl_2$	$2H_2O$	—	—	—	—

* Le nombre de molécules d'eau d'un hydrate cristallisé (P. S.) se trouvant en équilibre avec la solution saturée.

** P. S. à $6H_2O$.

Tableau 8 (suite)

40	50	60	70	80	90	100	n°
100 g d'eau à une température donnée (g)							
205	—	—	—	—	—	—	177
—	214	224	—	245	—	226	178
1,17	1,08	1,01	—	0,85	—	0,72	179
90,5	97	103	—	115	—	127,5	180
—	—	—	—	—	—	—	181
179	187	202	230	—	—	—	182
—	—	—	—	435	—	481	183
—	—	—	—	—	—	—	184
145,1	156,4	174,8	—	—	—	—	185
—	—	—	194,1	—	—	—	186
13	13,3	13,8	—	15,3	—	17,5	187
32,8	32,5	31,9	—	30,7	—	29,9	188
101,6	104,1	107,5	—	113,7	—	120,2	189
57,5	—	61,0	—	66,0	—	73,0	190
173,2	—	—	—	185,7**	—	—	191
—	—	—	—	$2,4\cdot10^{-2}$	—	—	192
$4\cdot10^{-2}$	—	$4\cdot10^{-2}$	—	$1,9\cdot10^{-2}$	—	—	193
78,9	84,5	91,2	—	106,2	138,1	—	194
45,6	—	—	—	—	—	—	195
—	50,4	55,0	59,5	64,2	68,9	73,9	196
—	—	—	—	62,9	—	68,3	197
168,9	181,8	196,7	212,5	—	—	—	198
—	—	—	—	224,7	225,7	227,9	199
88,6	98,2	—	—	—	—	—	200
—	—	108,6	110,6	112,7	114,1	115,3	201

n°	Formule	P. S.*	Température (°C) 0	10	20	30
			Solubilité du composé anhydre dans			
202	$Mn(H_2BO_3)_2$	H_2O	—	0,19 (14 °C)	—	—
203	$Mn(NO_3)_2$	$6H_2O$	102,0	117,9	142,8	—
204	$Mn(NO_3)_2$	$3H_2O$	—	—	—	206,5
205	$MnSO_4$	$7H_2O$	53,23	60,01	—	—
206	$MnSO_4$	$5H_2O$	—	59,5	62,9	67,76
207	$MnSO_4$	$4H_2O$	—	—	64,5	66,4
208	$MnSO_4$	H_2O	—	—	—	—
209	MoO_3	—	—	—	0,138	0,264
210	NH_3	—	89,7	68,3	52,9	40,9
211	$NH_4Al(SO_4)_2$	$12H_2O$	2,72	4,81	7,17	10,10
212	NH_4Br	—	60,6	68	75,5	83,2
213	$(NH_4)_2C_2O_4$ ...	H_2O	2,4	3,2	4,5	6,0
214	NH_4Cl	—	29,4	33,3	37,2	41,4
215	NH_4ClO_4** ...	—	11,56	—	20,85	—
216	$(NH_4)_2Co(SO_4)_2$	$6H_2O$	6,0	9,5	13,0	17,0
217	$(NH_4)_2CrO_4$ ...	—	25,01	—	32,96	40,4
218	$(NH_4)_2Cr_2O_7$	—	18,26	—	35,6	46,5
219	$NH_4Cr(SO_4)_2$ (violet)	$12H_2O$	3,9	—	—	11,9
220	$NH_4Cr(SO_4)_2$ (vert)	$12H_2O$	3,9	—	—	19,0
221	NH_4F	—	50	74	—	—
222	$(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$	$6H_2O$	17,8	—	26,9	—
223	$NH_4Fe(SO_4)_2$	$12H_2O$	—	—	124	—
224	NH_4HCO_3	—	11,9	15,8	21	27

* Le nombre de molécules d'eau d'un hydrate cristallisé (P. S.) se trouvant en équilibre avec la solution saturée.

** Pour NH_4ClO_4 la solubilité est exprimée en grammes de NH_4ClO_4 anhydre renfermés dans 100 ml de solution saturée.

Tableau 8 (suite)

40	50	60	70	80	90	100	n°
100 g d'eau à une température donnée (g)							
—	0,69	—	—	—	—	—	202
—	—	—	—	—	—	—	203
—	—	—	—	—	—	—	204
—	—	—	—	—	—	—	205
—	—	—	—	—	—	—	206
68,8	72,6	—	—	—	—	—	207
—	58,2	55,0	52,0	48,0	42,5	34,0	208
0,476	0,687	1,206	2,055	2,106	—	—	209
31,6	23,5	16,8	11,1	6,5	3,0	0,0	210
14,29	19,1	26,8	37,7	53,9	98,2	120,7	211
91,1	99,2	107,8	116,8	126,0	135,6	145,6	212
8,2	10,7	—	—	—	—	—	213
45,8	50,4	55,2	60,2	65,6	71,3	77,3	214
30,58	—	39,05	—	48,19	—	57,01	215
22,0	27,0	33,5	40,0	49,0	—	—	216
—	51,87	—	81,83 (75 °C)	—	—	—	217
58,5	71,4	86,0	—	115,0	—	155,6	218
18,3	—	—	—	—	—	—	219
32,8	—	—	—	—	—	—	220
—	—	111	—	—	—	—	221
38,5	—	53,4	—	73,0	—	—	222
—	—	—	—	—	—	400	223
36,6	—	—	—	—	—	—	224

n°	Formule	P. S.*	Température (°C) 0	10	20	30
			Solubilité du composé anhydre dans			
225	$NH_4H_2PO_3$ ...	—	171	190 (14,5 °C)	—	260
226	$NH_4H_2PO_4$ ...	—	22,7	—	36,8	—
227	$(NH_4)_2HPO_4$	—	42,9	57,5	68,6	—
228	NH_4I	—	154,2	163,2	172,3	181,4
229	NH_4LiSO_4	—	—	55,24	—	55,94
230	NH_4NO_3	—	118,3	—	192,0	241,8
231	$(NH_4)_2PtCl_6$	—	—	0,7	—	—
232	NH_4SCN	—	119,8	143,9	170,2	207,7
233	$(NH_4)_2SO_4$	—	70,6	73,0	75,4	78,0
234	$(NH_4)_2S_2O_8$ ...	—	58,2	—	—	—
235	$(NH_4)_3SbS_4$ ...	$4H_2O$	71,2	—	91,2	119,8
236	$(NH_4)_2SeO_4$	—	—	1,22 (12 °C)	—	—
237	$(NH_4)_2SiF_6$ ...	—	—	—	18,6	—
238	NH_4VO_3	—	—	—	4,8	8,4
239	NO	—	$9,84 \cdot 10^{-3}$	$7,57 \cdot 10^{-3}$	$6,18 \cdot 10^{-3}$	$5,17 \cdot 10^{-3}$
240	N_2O	—	—	0,171	0,121	—
241	$Na_2B_4O_7$	$10H_2O$	1,3	1,6	2,7	3,9
242	$Na_2B_4O_7$	$5H_2O$	—	—	—	—
243	$NaBeF_3$	—	—	—	1,4	—
244	NaBr	$2H_2O$	79,5	—	90,5	97,6
245	NaBr	—	—	—	—	—
246	$NaBrO_3$	—	27,5	—	34,5	—
247	$NaC_2H_3O_2$	$3H_2O$	36,3	40,8	46,5	54,5
248	$NaC_2H_3O_2$	—	—	—	—	126
249	Na_2CO_3	$10H_2O$	7	12,5	21,5	38,8

* Le nombre de molécules d'eau d'un hydrate cristallisé (P. S.) se trouvant en équilibre avec la solution saturée.

Tableau 8 (suite)

40	50	60	70	80	90	100	n°
100 g d'eau à une température donnée (g)							
—	—	—	—	—	—	—	225
56,7	—	82,9	—	120,7	—	174	226
81,8	—	97,6	106,0	—	—	—	227
190,5	199,6	208,9	218,7	228,8	—	250,3	228
—	56,24	—	56,70	—	—	—	229
297,0	344,0	421,0	499,0	580,0	740,0	871,0	230
—	—	—	—	—	—	1,25	231
—	235	—	347	—	—	—	232
81,0	—	88,0	—	95,3	—	103,3	233
—	—	—	—	—	—	—	234
—	—	—	—	—	—	—	235
—	—	—	—	—	—	—	236
—	—	—	—	—	—	55,5	237
13,2	17,8	—	30,5	—	—	—	238
$4{,}40\cdot10^{-3}$	$3{,}76\cdot10^{-3}$	$3{,}24\cdot10^{-3}$	$2{,}67\cdot10^{-3}$	$1{,}99\cdot10^{-3}$	$1{,}14\cdot10^{-3}$	0	239
—	—	—	—	—	—	—	240
6,7	10,5	20,3	—	—	—	—	241
—	—	—	24,4	31,5	41,0	52,5	242
—	—	—	—	—	—	2,8	243
105,8	116,0	—	—	—	—	—	244
—	—	—	—	118,3	—	121,3	245
50,2	—	62,5	—	75,7	—	90,9	246
65,5	83	139	—	—	—	—	247
129,5	134	139,5	146	153	161	170	248
—	—	—	—	—	—	—	249

n°	Formule	P. S.*	Température (°C) 0	10	20	30
			Solubilité du composé anhydre dans			
250	Na_2CO_3	H_2O	—	—	—	50,5
251	$Na_2C_2O_4$	—	—	—	3,7	—
252	NaCl	—	35,7	35,8	36,0	36,3
253	NaClO	—	29,4	36,4	53,4	100,0
254	$NaClO_3$	—	79	89	101	113
255	$NaClO_4$	H_2O	167	—	181	—
256	$NaClO_4$	—	—	—	—	—
257	Na_2CrO_4	$10H_2O$	31,70	50,17	88,7	—
258	Na_2CrO_4	$4H_2O$	—	—	—	88,7
259	Na_2CrO_4	—	—	—	—	—
260	$Na_2Cr_2O_7$	$2H_2O$	163,0	170,2	180,1	196,7
261	$Na_2C_2O_7$	—	—	—	—	—
262	NaF	—	3,53	4,01 (15 °C)	4,17	4,20
263	$Na_4Fe(CN)_6$	$10H_2O$	—	—	17,9	—
264	Na_2HAsO_4 ...	$12H_2O$	5,9	16,4	33,9	49,3
265	$NaHCO_3$	—	6,9	8,15	9,6	11,1
266	NaH_2PO_4	$2H_2O$	57,9	69,9	85,2	106,5
267	NaH_2PO_4	H_2O	—	—	—	—
268	NaH_2PO_4	—	—	—	—	—
269	Na_2HPO_4	$12H_2O$	1,67	3,6	7,7	20,8
270	Na_2HPO_4	$7H_2O$	—	—	—	—
271	Na_2HPO_4	$2H_2O$	—	—	—	—
272	Na_2HPO_4	—	—	—	—	—
273	NaI	$2H_2O$	158,7	168,6	178,7	190,3
274	NaI	—	—	—	—	—
275	$NaIO_3$	H_2O	2,5	4,6	9,0	11,0
276	$NaIO_3$	—	—	—	—	—
277	Na_2MoO_4	$10H_2O$	44,3	64,7	—	—
278	Na_2MoO_4	$2H_2O$	—	—	65,0	66,1
279	$NaNO_2$	—	72,1	77,9	84,5	91,6
280	$NaNO_3$	—	73	80	88	96

* Le nombre de molécules d'eau d'un hydrate cristallisé (P. S.) se trouvant en équilibre avec la solution saturée.

Tableau 8 (suite)

40	50	60	70	80	90	100	n°
100 g d'eau à une température donnée (g)							
48,5	—	46,4	46,2	45,8	45,7	45,5	250
—	—	—	—	—	—	6,33	251
36,6	37,0	37,3	37,8	38,4	39,0	39,8	252
110,5	129,9	—	—	—	—	—	253
126	140	155	172	189	—	230	254
243	—	—	—	—	—	—	255
—	—	289	—	304	—	324	256
—	—	—	—	—	—	—	257
95,94	104,1	114,6	—	—	—	—	258
—	—	—	123,1	124,8	—	126,2	259
220,5	248,4	283,1	323,8	385,4	—	—	260
—	—	—	—	—	—	431,9	261
4,40	4,55	4,68	—	4,89	—	5,08	262
30	—	—	—	59	—	63	263
69,5	99,4	144	184	186	189	198	264
12,7	14,45	16,4		Se décompose			265
138,2	—	—	—	—	—	—	266
—	158,6	—	—	—	—	—	267
—	—	179,3	190,3	207,3	225,3	246,6	268
—	—	—	—	—	—	—	269
51,8	—	—	—	—	—	—	270
—	80,2	82,9	88,1	92,4	102,9	—	271
—	—	—	—	—	—	102,2	272
205,0	227,8	256,8	—	—	—	—	273
—	—	—	294	296	300	302	274
13,3	16,3	19,8	23,5	—	—	—	275
—	—	—	—	28,5	29,5	33,0	276
—	—	—	—	—	—	—	277
—	70,7	—	—	—	—	83,8	278
98,4	104,1	—	—	132,5	—	163,1	279
104	114	124	—	148	—	180	280

n°	Formule	P. S.*	Température (°C) 0	10	20	30
			Solubilité du composé anhydre dans			
281	NaOH	$4H_2O$	42	51	—	—
282	NaOH	H_2O	—	—	109	119
283	NaOH	—	—	—	—	—
284	Na_3PO_4	$12H_2O$	1,5	4,1	11	20
285	$Na_4P_2O_7$	$10H_2O$	3,16	3,95	6,23	9,95
286	Na_2S	$9H_2O$	—	15,42	18,8	22,6
287	Na_2S	$6H_2O$	—	—	—	—
288	Na_2SO_3	$7H_2O$	13,9	20	26,9	36
289	Na_2SO_3	—	—	—	—	—
290	Na_2SO_4	$10H_2O$	5,0	9,0	19,4	40,8
291	Na_2SO_4	$7H_2O$	19,5	30	44	—
292	Na_2SO_4	—	—	—	—	50,4
293	$Na_2S_2O_3$	$5H_2O$	52,5	61,0	70,0	84,7
294	$Na_2S_2O_3$	$2H_2O$	—	—	—	—
295	$Na_2S_2O_3$	—	—	—	—	—
296	$Na_2S_2O_5$	$7H_2O$	45,5	—	—	—
297	$Na_2S_2O_5$	—	—	—	65,3	—
298	Na_2SeO_4	$10H_2O$	13,30	—	—	78,74
299	Na_2SeO_4	—	—	—	—	—
300	Na_2SiF_6	—	0,43	—	0,73	—
301	$NaVO_3$	—	—	—	—	—
302	Na_2WO_4	$10H_2O$	57,58	—	—	—
303	Na_2WO_4	$2H_2O$	71,61	—	72,4	—
304	$Nd_2(SO_4)_3$	$8H_2O$	9,6	—	7,1	5,3
305	$NiBr_2$	$3H_2O$	112,8	122,3	130,9	138,1
306	$NiCl_2$	$6H_2O$	51,7	—	55,3	—
307	$NiCl_2$	$4H_2O$	—	—	—	—
308	$NiCl_2$	$2H_2O$	—	—	—	—
309	NiI_2	—	124,3	135,3	148,1	161,1
310	$Ni(NH_4)_2(SO_4)_2$	$6H_2O$	—	3,2	5,9	7,8

* Le nombre de molécules d'eau d'un hydrate cristallisé (P. S.) se trouvant en équilibre avec la solution saturée.

Tableau 8 (suite)

40	50	60	70	80	90	100	n°
100 g d'eau à une température donnée (g)							
—	—	—	—	—	—	—	281
129	145	174	—	—	—	—	282
—	—	—	299	313,7	—	347	283
31	43	55	—	81	—	108	284
13,50	17,45	21,83	—	30,04	—	40,26	285
28,5	—	—	—	—	—	—	286
—	36,4	39,1	43,31	49,15	57,28	—	287
—	—	—	—	—	—	—	288
37,0	—	33,2	—	29,0	—	26,6	289
—	—	—	—	—	—	—	290
—	—	—	—	—	—	—	291
48,8	46,7	45,3	44,1	43,7	42,9	42,5	292
102,6	—	—	—	—	—	—	293
—	—	206,6	—	—	—	—	294
—	—	—	—	245	—	266	295
—	—	—	—	—	—	—	296
71,1	—	79,9	—	88,7	—	100	297
—	—	—	—	—	—	—	298
—	80,15	—	—	—	—	72,83	299
1,03	—	—	—	1,86	—	2,46	300
26,23	—	32,97	36,9	—	—	—	301
—	—	—	—	—	—	—	302
77,9	—	—	—	91,2	—	97,2	303
4,1	3,3	2,8	2,5	—	1,2	1,2	304
144,5	150,0	152,5	—	153,8	—	155,1	305
—	—	—	—	—	—	—	306
72,5	—	80,5	—	—	—	—	307
—	—	—	—	86,9	—	88,0	308
174,0	183,2	184,1	185,7	187,4	188,2	—	309
11,5	14,4	17,0	19,8	25,5	—	—	310

n°	Formule	P. S. *	Température (°C) 0	10	20	30
			Solubilité du composé anhydre dans			
311	$Ni(NO_3)_2$	$6H_2O$	79,58	—	96,32	—
312	$Ni(NO_3)_2$	$4H_2O$	—	—	—	—
313	$Ni(NO_3)_2$	$2H_2O$	—	—	—	—
314	$NiSO_4$	$7H_2O$	27,22	32	—	42,46
315	$NiSO_4$	$6H_2O$	—	—	—	—
316	O_2	—	$6{,}948\cdot10^{-3}$	$5{,}370\cdot10^{-3}$	$4{,}339\cdot10^{-3}$	$3{,}508\cdot10^{-3}$
317	O_3	—	$3{,}9\cdot10^{-3}$	$2{,}9\cdot10^{-3}$	$2{,}1\cdot10^{-3}$	$7\cdot10^{-4}$
318	$PbBr_2$	—	0,4554	—	0,85	1,15
319	$Pb(C_2H_3O_2)_2$	$3H_2O$	—	45,6 (15 °C)	55,0 (25 °C)	—
320	$PbCl_2$	—	0,6728	—	0,99	1,20
321	$PbCrO_4$	—	—	—	$4{,}3\cdot10^{-6}$	—
322	PbI_2	—	$4{,}42\cdot10^{-2}$	—	$6{,}8\cdot10^{-2}$	$9{,}0\cdot10^{-2}$
323	$Pb(NO_3)_2$	—	38,8	48,3	56,5	66
324	$PbSO_4$	—	$2{,}8\cdot10^{-3}$	$3{,}5\cdot10^{-3}$	$4{,}1\cdot10^{-3}$	$4{,}9\cdot10^{-3}$
325	$RbAl(SO_4)_2$ ...	$12H_2O$	0,72	—	2,59	—
326	RbCl	—	77,0	84,4	91,1	97,6
327	$RbClO_3$	—	2,14	—	5,4	8,0
328	$RbClO_4$	—	0,5	0,6	1,0	1,5
329	$RbNO_3$	—	19,5	33,0	53,3	81,3
330	Rb_2PtCl_6	—	$13{,}7\cdot10^{-3}$	$20{,}0\cdot10^{-3}$	$28{,}2\cdot10^{-3}$	$39{,}7\cdot10^{-3}$
331	Rb_2SO_4	—	36,4	42,6	48,2	53,5

* Le nombre de molécules d'eau d'un hydrate cristallisé (P. S.) se trouvant en équilibre avec la solution saturée.

Tableau 8 (suite)

40	50	60	70	80	90	100	n°
100 g d'eau à une température donnée (g)							
122,3	—	—	—	—	—	—	311
—	—	163,1	177,4	—	—	—	312
—	—	—	—	—	235,2	—	313
—	—	—	—	—	—	—	314
—	50,15	54,80	59,44	63,17	—	76,7	315
$3,081 \cdot 10^{-3}$	$2,657 \cdot 10^{-3}$	$2,274 \cdot 10^{-3}$	$1,857 \cdot 10^{-3}$	$1,381 \cdot 10^{-3}$	$7,87 \cdot 10^{-4}$	0	316
$4 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	0	—	—	—	—	317
1,53	1,94	2,36	—	3,34	—	4,75	318
—	—	—	—	—	—	200	319
1,45	1,70	1,98	—	2,62	—	3,34	320
—	—	—	—	—	—	—	321
$12,5 \cdot 10^{-2}$	$16,4 \cdot 10^{-2}$	$19,7 \cdot 10^{-2}$	—	$30,2 \cdot 10^{-2}$	—	$43,6 \cdot 10^{-2}$	322
75	85	95	—	115	—	138,8	323
$5,6 \cdot 10^{-3}$	—	—	—	—	—	—	324
3,52	—	7,39	—	43,25	—	69	325
103,5	109,3	115,5	121,4	127,2	133,1	138,9	326
—	15,98	—	—	—	—	62,8	327
2,3	3,5	4,85	6,72	9,2	12,7	18	328
116,7	155,6	200	251	309	375	452	329
$56,5 \cdot 10^{-3}$	—	$99,7 \cdot 10^{-3}$	—	$182 \cdot 10^{-3}$	—	$334 \cdot 10^{-3}$	330
58,5	63,1	67,4	71,4	75,0	78,7	81,8	331

n°	Formule	P. S. *	Température (°C) 0	10	20	30
			Solubilité du composé anhydre dans			
332	SO_2	—	22,83	16,21	11,29	7,81
333	$SbCl_3$	—	601,6	—	931,5	1068,0
334	SbF_3	—	384,7	—	444,7	563,6
335	$SnCl_2$	$2H_2O$	83,9	—	269,8 (15 °C)	—
336	SnI_2	—	—	—	1,0	1,2
337	$SnSO_4$	—	—	—	19	—
338	$SrBr_2$	$6H_2O$	85,2	93,0	102,4	111,9
339	$Sr(C_2H_3O_2)_2$	$4H_2O$	36,9	43,61	—	—
340	$Sr(C_2H_3O_2)_2$ ...	$1/2\,H_2O$	—	42,95	41,6	39,5
341	$SrCl_2$	$6H_2O$	43,5	47,7	52,9	58,7
342	$SrCl_2$	$2H_2O$	—	—	—	—
343	SrI_2	$6H_2O$	165,3	—	177,8	—
344	SrI_2	$2H_2O$	—	—	—	—
345	$Sr(NO_2)_2$	H_2O	52,7	—	63,95	—
346	$Sr(NO_3)_2$	$4H_2O$	40,1	—	70,5	—
347	$Sr(NO_3)_2$	—	—	—	—	88,6
348	$Sr(OH)_2$ ...... (calculé à partir de SrO)	$8H_2O$	0,35	0,48	0,69	1,01
349	$Th(SO_4)_2$	$9H_2O$	0,74	0,98	1,38	1,995
350	$Th(SO_4)_2$	$8H_2O$	1,0	1,25	1,62	—
351	$Th(SO_4)_2$	$6H_2O$	1,50	—	1,90	2,45
352	$Th(SO_4)_2$	$4H_2O$	—	—	—	—
353	$Th(SeO_4)_2$	—	0,498	—	—	—

* Le nombre de molécules d'eau d'un hydrate cristallisé (P. S.) se trouvant en équilibre avec la solution saturée.

Tableau 8 (suite)

40	50	60	70	80	90	100	n°
100 g d'eau à une température donnée (g)							
5,41	4,5	3,2	2,6	2,1	1,8	—	332
1368,0	1917,0	4531,0	—	∞	—	—	333
—	—	—	—	—	—	—	334
—	—	—	—	—	—	—	335
1,4	1,7	2,1	2,5	3,0	3,4	4,0	336
—	—	—	—	—	—	18	357
123,2	135,8	150,0	—	181,8	—	222,5	338
—	—	—	—	—	—	—	339
—	37,35	—	36,24	36,10	36,24	36,4	340
65,3	72,4	81,8	—	—	—	—	341
—	—	—	85,9	90,5	—	100,8	342
191,5	—	217,5	—	270,4	—	—	343
—	—	—	—	—	365,2	383,1	344
—	83,5	97,2	—	—	130,4	138,7	345
—	—	—	—	—	—	—	346
90,1	—	93,8	96	98	100	—	347
1,50	2,18	3,13	4,53	7,03	13,6	24,2	348
2,998	5,22	—	—	—	—	—	349
—	—	—	—	—	—	—	350
—	—	6,64	—	—	—	—	351
4,04	2,54	1,63	1,09	—	—	—	352
—	—	—	—	—	—	—	353

n°	Formule	P. S. *	Température (°C) 0	10	20	30
			Solubilité du composé anhydre dans			
354	$TlBrO_2$	—	—	—	$3{,}46 \cdot 10^{-3}$	—
355	$TlCl$	—	0,21	0,25	0,33	0,42
356	$TlClO_3$	—	2,0	—	3,92	—
357	$TlClO_4$	—	6,0	8,04	—	19,72
358	$TlIO_3$	—	—	—	0,058	—
359	$TlNO_3$	—	3,91	6,22	9,55	14,3
360	$TlOH$	—	25,44	—	—	39,9
361	Tl_2SO_4	—	2,70	3,70	4,87	6,16
362	Tl_2SeO_4	—	—	2,13	2,8	—
363	$UO_2(NO_3)_2$ ...	$6H_2O$	98,0	108,3	125,7	—
364	$Yb_2(SO_4)_3$	$8H_2O$	44,2	—	38,4	—
365	$ZnBr_2$	$2H_2O$	389,0	—	446,4	528,1
366	$ZnBr_2$	—	—	—	—	—
367	$ZnCl_2$	$3H_2O$	207,7	—	—	—
368	$ZnCl_2$	$2\ 1/2H_2O$	—	271,7	367,3	—
369	$ZnCl_2$	—	—	—	—	—
370	$Zn(ClO_3)_2$	$6H_2O$	145,1	152,5	—	—
371	$Zn(ClO_3)_2$	$4H_2O$	—	—	200,3	209,2
372	ZnI_2	$2H_2O$	430,7	475,3	484,9	—
373	ZnI_2	—	429,3	—	—	—
374	$Zn(NO_3)_2$	$6H_2O$	94,77	—	118,4	—
375	$Zn(NO_3)_2$	$3H_2O$	—	—	—	—
376	$ZnBO_4$	$7H_2O$	41,9	47,0	54,4	—
377	$ZnSO_4$	$6H_2O$	—	—	—	—
378	$ZnSO_4$	H_2O	—	—	—	—

* Le nombre de molécules d'eau d'un hydrate cristallisé (P. S.) se trouvant en équilibre avec la solution saturée.

Tableau 8 (suite)

40	50	60	70	80	90	100	n°
100 g d'eau à une température donnée (g)							
7,36· ·10^{-2}	—	—	—	—	—	—	354
0,52	0,63	0,8	—	1,2	—	1,8	355
—	12,67	—	—	36,65	—	57,31	356
—	39,62	—	65,32	81,49	—	166,6	357
—	—	—	—	—	—	—	358
20,9	30,4	46,2	69,5	111,0	200,0	414,0	359
49,5	—	73,8	—	106,0	126,1	148,3	360
—	9,21	10,92	12,74	14,61	16,53	18,45	361
—	—	—	—	8,5	—	10,86	362
—	203,1	365,2	—	—	426	476	363
21,0	—	10,4	7,22	6,92	5,83	4,67	364
—	—	—	—	—	—	—	365
592,6	—	618,4	—	644,6	—	672,0	366
—	—	—	—	—	—	—	367
—	—	—	—	—	—	—	368
452,5	—	488,3	—	541,1	—	614,4	369
—	—	—	—	—	—	—	370
223,1	273,2	—	—	—	—	—	371
—	—	—	—	—	—	—	372
445,2	—	467,3	—	490,0	—	510,5	373
—	—	—	—	—	—	—	374
206,9	—	—	—	—	—	—	375
—	—	—	—	—	—	—	376
70,1	77,0	—	—	—	—	—	377
—	—	—	—	86,6	83,5	80,8	378

Tableau 9

Solubilités de certains composés minéraux dans des solvants organiques à 18-25 °C

Les solubilités sont exprimées en grammes de substance anhydre (sauf les cas spécialement indiqués) par 100 g de solvant pur anhydre

Formule	Solubilité dans				
	l'éthanol (absolu)	le méthanol	l'acétone	la pyridine	les autres solvants
$AgBr$	$1,6 \cdot 10^{-8}$	$7 \cdot 10^{-7}$	—	—	—
$AgCl$	$1,5 \cdot 10^{-6}$	$6 \cdot 10^{-6}$	$1,3 \cdot 10^{-6}$	1,95	—
AgI	$6 \cdot 10^{-9}$	$2 \cdot 10^{-7}$	—	—	—
$AgNO_3$	2,1	3,8	0,44	34	Benzène 0,02 ; phénol 30
$AlBr_3$	—	—	—	4,0	Benzène 125 ; sulfure de carbone 150
$AlCl_3$	—	—	—	—	Benzène 0,02 ; tétrachlorure de carbone 0,01; chloroforme 0,05
AlI_3	—	—	—	0,83	—
$Al_2(SO_4)_3$	—	—	—	—	Ethylèneglycol 16,8
$BaBr_2$	3,6	41	0,026	—	Alcool isoamylique 0,02
$BaCl_2$	—	2,2	—	—	Glycérine 9,8
BaI_2	77	—	—	8,2	—
$Ba(NO_3)_2$	$1,8 \cdot 10^{-3}$	0,06	$5 \cdot 10^{-3}$	—	—
$BiCl_3$	—	—	18,0	—	Acétate d'éthyle 1,8
BiI_3	3,5	—	—	—	—
$Bi(NO_3)_3 \cdot 5H_2O$	—	—	41,7	—	—
$CaBr_2$	53,8	56,2	2,73	—	Alcool isoamylique 25,6

$CaCl_2$	25,8	29,2	0,01	1,69	Alcool isoamylique 7,0
CaI_2	—	127	89	—	—
$Ca(NO_3)_2$	51	138	16,9	—	Alcool amylique 7,5
$CaSO_4$	—	—	—	—	Glycérine 5,2
$CdBr_2$	30	16,1	18,1	—	Oxyde de diéthyle 0,4
$CdCl_2$	1,5	2,7	—	0,70	—
CdI_2	113	223	42,8	0,45	Oxyde de diéthyle 0,2
$CdSO_4$	0,03	0,035	—	—	—
$CoBr_2$	77	43	64	—	—
$CoCl_2$	54	40	3,0	0,6	Oxyde de diéthyle 0,02
$Co(NO_3)_2$	—	—	—	—	Ethylèneglycol 400
$CoSO_4$	0,02	0,40	—	—	—
$CuCl_2$	55,5	57,5	2,96	0,34	Oxyde de diéthyle 0,11 ; alcool isoamylique 12
CuI	—	—	—	1,74	—
$CuSO_4$	—	1,5	—	—	—
$FeBr_2$	—	—	—	0,5	—
$FeCl_3$	145	150	62,9	—	—
$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$	12,7	—	—	—	—
$FeSO_4$	—	—	—	—	Ethylèneglycol 6,0
H_3BO_3	11	—	0,5	7,1	Glycérine 22 ; dioxane 1,3
HCl	69,5	88,7	—	—	Oxyde de diéthyle 33,2 ; benzène 1,9
H_3PO_4	—	—	—	—	Oxyde de diéthyle 525
$HgBr_2$	30	60	51	39,6	Benzène 0,7
$Hg(CN)_2$	9,5	44,1	10,3	65	—
$HgCl_2$	47	67	141	25	Oxyde de diéthyle 7
HgI_2	2,2	3,8	3,4	31	Chloroforme 0,07 ; oxyde de diéthyle 0,7

Tableau 9

Formule	Solubilité dans				
	l'éthanol (absolu)	le méthanol	l'acétone	la pyridine	les autres solvants
I_2	26	—	—	—	Chloroforme 2,7 ; tétrachlc de carbone 2,5 ; sulfure carbone 16
KBr	0,46	2,1	0,03	—	Alcool isoamylique 0,002
KCN	0,88	4,91	—	—	Glycérine 32
KCl	0,03	0,5	$9,0 \cdot 10^{-6}$	—	Glycérine 3,7 ; alcool pro que 0,006
KF	0,11	0,19	2,2	—	Alcool propylique 0,34
KI	1,75	16,4	2,35	0,3	Glycérine 40 ; éthylèneglyc
KNO_3	—	—	—	—	Trichlorure d'éthylène 0,01
KOH	39	55	—	—	—
KSCN	—	—	20,8	6,15	—
LiBr	70	—	18,1	—	Ethylèneglycol 60
LiCl	25	43,4	1,2	12	Glycérine 11
LiI	250	343	43	—	Ethylèneglycol 39
$LiNO_3$	—	—	31	33	Alcool isoamylique 10
$MgBr_2$	15,1	27,9	2,0	0,5	Oxyde de diéthyle 2,5
$MgCl_2$	5,6	16,0	—	—	—
$MgSO_4$	0,025	0,3	—	—	Glycérine 26
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	—	43	—	—	—
$MnCl_2$	—	—	—	1,3	—
$MnSO_4$	0,01	0,13	—	—	—
NH_3	12,8	24	—	—	—
NH_4Br	3,4	12,5	—	—	—

NH_4Cl	0,6	3,3	—	—	—
NH_4ClO_4	1,9	6,8	2,2	—	—
NH_4NO_3	2,5	17,1	—	0,3	—
NH_4SCN	23,5	59	—	—	—
NH_4I	26,3	—	—	—	—
$NaBF_4$	0,47	4,4	—	—	—
NaBr	2,4	16,7	0,008	—	Oxyde de diéthyle 0,08 ; a amylique 0,12
Na_2CO_3	—	—	—	—	Glycérine 98
NaCl	0,1	1,5	$3 \cdot 10^{-6}$	—	Ethylèneglycol 46,5
Na_2CrO_4	—	0,36	—	—	—
NaF	0,10	0,42	$1 \cdot 10^{-4}$	—	—
NaI	46	72,7	26	—	—
$NaNO_2$	0,31	4,4	—	—	—
$NaNO_3$	0,04	0,43	—	—	—
NaOH	17,3	31	—	—	—
NaSCN	20	35	7	—	—
Na_2SO_4	0,006	0,02	—	—	—
$NiBr_2$	—	35	0,80	—	—
$NiCl_2$	10	—	—	—	Ethylèneglycol 18
$Ni(NO_3)_2$	—	—	—	—	Ethylèneglycol 8
$NiSO_4$	0,02	0,08	—	—	Ethylèneglycol 10
P	0,3	—	0,14	—	Sulfure de carbone 900 ; ber 3,2 ; tétrachlorure de car 1,2 ; oxyde de diéthyle glycérine 0,3
$PbBr_2$	—	—	—	0,6	—
$PbCl_2$	—	—	—	0,5	—
PbI_2	—	—	0,02	0,2	—
$Pb(NO_3)_2$	0,04	1,4	—	7	—

Tableau 9

Formule	Solubilité dans				
	l'éthanol (absolu)	le méthanol	l'acétone	la pyridine	les autres solvants
S	0,05	0,03	2,1	1,5	Sulfure de carbone 43 ; t chlorure de carbone 0,8 chloroforme 1,2 ; benzène glycérine 0,14
SbF_3	—	160	70	—	Benzène $5 \cdot 10^{-4}$
$SbCl_3$	—	—	538	—	Benzène 42
$SnCl_2$	—	—	56	—	Acétate d'éthyle 4,4
$SrBr_2$	64	117	0,6	—	Alcool isoamylique 31
SrI_2	4	—	—	—	—
$Sr(NO_3)_2$	0,009	—	—	0,7	Alcool isopropylique 0,002
$UO_2(NO_3)_2$	3,3	—	1,5	—	Oxyde de diéthyle 0,96
UO_2SO_4	—	0,73	—	—	—
$ZnBr_2$	—	—	365	4,4	—
$ZnCl_2$	—	—	43,3	2,6	Glycérine 50
ZnI_2	—	—	—	12,6	Glycérine 40
$ZnSO_4$	0,03	0,6	—	—	Glycérine 35

Produits de solubilité de principaux corps peu solubles

Le produit de solubilité (*PS*) d'une substance Cat_mAn_n qui se dissocie en ions selon l'équation

$$Cat_mAn_n \rightleftharpoons m\text{Cat} + n\text{An}$$

est égal à $PS = a^m_{\text{Cat}} \cdot a^n_{\text{An}}$, où a_{Cat} est l'activité du cation Cat et a_{An}, l'activité de l'anion An.

On appelle *indice de produit de solubilité pPS* le logarithme du produit de solubilité, changé de signe. En calculant d'après la valeur du produit de solubilité la solubilité de tel ou tel sel peu soluble dans l'eau ou dans une solution d'autres sels, on doit tenir compte 1) de la réaction entre les cations formés et les ions hydroxyle de l'eau ; 2) de la réaction entre les cations formés et les ions hydrogène ; 3) de la force ionique de la solution qui détermine la valeur des coefficients d'activité et, dans certains cas, 4) de la possibilité de formation des ions complexes*.

En outre, *il importe de mettre en considération la présence en solution des molécules non dissociées de sel dissout dont les concentrations sont trouvées en divisant le PS par la valeur correspondante de K* (*Tableau 38*, chiffres marqués d'un astérisque).

Formule de la substance	*PS*	*pPS* = −lg *PS*
$Ac(C_2O_4)_3$	$2 \cdot 10^{-24}$	23,7
$Ac(OH)_3$	10^{-15}	15
Ag_3AsO_3	$1 \cdot 10^{-17}$	17
Ag_3AsO_4	10^{-22}	22
$AgBO_2$	$4 \cdot 10^{-1}$	0,4
AgBr	$5{,}3 \cdot 10^{-13}$	12,28
$AgBrO_3$	$5{,}5 \cdot 10^{-5}$	4,26
$AgC_2H_3O_2$	$4 \cdot 10^{-3}$	2,4
AgCN	$1{,}4 \cdot 10^{-16}$	15,84
Ag_2CO_3	$8{,}2 \cdot 10^{-12}$	11,09
$Ag_2C_2O_4$	$3{,}5 \cdot 10^{-11}$	10,46
AgCl	$1{,}78 \cdot 10^{-10}$	9,75
$AgClO_2$	$2 \cdot 10^{-4}$	3,7

* La réalisation de ces calculs est décrite dans les manuels de chimie analytique.

Tableau 10 (suite)

Formule de la substance	*PS*	*pPS* = −lg *PS*
$AgClO_2$	$5,0 \cdot 10^{-2}$	1,3
Ag_2CrO_4	$1,1 \cdot 10^{-12}$	11,95
$Ag_2Cr_2O_7$	$1 \cdot 10^{-10}$	10
$Ag_3Fe(CN)_6$	$1 \cdot 10^{-22}$	22
$Ag_4Fe(CN)_6$	$1,5 \cdot 10^{-41}$	40,82
$Ag_2HVO_4(2Ag^+, HVO_4^{2-})$	$2 \cdot 10^{-14}$	13,7
AgI	$8,3 \cdot 10^{-17}$	16,08
$AgIO_3$	$3,0 \cdot 10^{-8}$	7,52
$AgMnO_4$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	2,79
Ag_2MoO_4	$2,8 \cdot 10^{-12}$	11,55
AgN_3	$2,9 \cdot 10^{-9}$	8,54
$AgNO_2$	$1,6 \cdot 10^{-4}$	3,80
$Ag_2O(Ag^+, OH^-)$	$1,6 \cdot 10^{-8}$	7,80
$AgOCN$	$2,3 \cdot 10^{-7}$	6,64
$Ag_2PO_3F(2Ag^+, PO_3F^{2-})$	$8,9 \cdot 10^{-4}$	3,05
Ag_3PO_4	$1,3 \cdot 10^{-20}$	19,89
$AgReO_4$	$7,95 \cdot 10^{-5}$	4,10
Ag_2S	$6,3 \cdot 10^{-50}$	49,20
$AgSCN$	$1,1 \cdot 10^{-12}$	11,97
Ag_2SO_3	$1,50 \cdot 10^{-14}$	13,82
$AgSO_3NH_2(Ag^+, SO_3NH_2^-)$	$1 \cdot 10^{-1}$	1
Ag_2SO_4	$1,6 \cdot 10^{-5}$	4,80
$AgSeCN$	$4,0 \cdot 10^{-16}$	15,40
Ag_2SeO_3	$9,0 \cdot 10^{-16}$	15,01
Ag_2SeO_4	$5,6 \cdot 10^{-8}$	7,25
$AgVO_3$	$5 \cdot 10^{-7}$	6,3
Ag_2WO_4	$5,5 \cdot 10^{-12}$	11,26
$AlAsO_4$	$1,6 \cdot 10^{-16}$	15,80
$Al(OH)_3(Al^{3+}, 3OH^-)$	$1 \cdot 10^{-32}$	32,0
$(AlOH^{2+}, 2OH^-)$	$1 \cdot 10^{-23}$	23,0
(H^+, AlO_2^-)	$1,6 \cdot 10^{-13}$	12,80
$AlPO_4$	$5,75 \cdot 10^{-19}$	18,24
$Am(OH)_3$	$2,7 \cdot 10^{-20}$	19,57
$Am(OH)_4$	$1 \cdot 10^{-56}$	56
$AuBr$	$5,0 \cdot 10^{-17}$	16,3
$AuBr_3$	$4,0 \cdot 10^{-36}$	35,4
$AuCl$	$2,0 \cdot 10^{-13}$	12,7

Tableau 10 (suite)

Formule de la substance	*PS*	*pPS* = −lg *PS*
$AuCl_3$	$3{,}2 \cdot 10^{-25}$	24,5
$Au(OH)_3$	$5{,}5 \cdot 10^{-46}$	45,26
AuI	$1{,}6 \cdot 10^{-23}$	22,8
AuI_3	$1 \cdot 10^{-46}$	46
$Ba_3(AsO_4)_2$	$7{,}8 \cdot 10^{-51}$	50,11
$Ba(BrO_3)_2$	$5{,}5 \cdot 10^{-6}$	5,26
$BaCO_3$	$5{,}1 \cdot 10^{-9}$	8,29
BaC_2O_4	$1{,}1 \cdot 10^{-7}$	6,96
$BaCrO_4$	$1{,}2 \cdot 10^{-10}$	9,93
BaF_2	$1{,}1 \cdot 10^{-6}$	5,98
$Ba_2Fe(CN)_6$	$3 \cdot 10^{-8}$	7,5
$Ba(IO_3)_2$	$1{,}50 \cdot 10^{-9}$	8,82
$BaMnO_4$	$2{,}5 \cdot 10^{-10}$	9,60
$BaMoO_4$	$4 \cdot 10^{-8}$	7,40
$Ba(NO_3)_2$	$4{,}5 \cdot 10^{-3}$	2,35
$Ba(OH)_2$	$5{,}0 \cdot 10^{-3}$	2,3
$BaPO_3F(Ba^{2+}, PO_3F^{2-})$	$4 \cdot 10^{-7}$	6,4
$Ba_3(PO_4)_2$	$6{,}03 \cdot 10^{-39}$	38,22
$Ba_2P_2O_7$	$3 \cdot 10^{-11}$	10,5
$BaPt(CN)_4$	$4 \cdot 10^{-3}$	2,4
$Ba(ReO_4)_2$	$5{,}25 \cdot 10^{-2}$	1,28
$BaSO_3$	$8{,}0 \cdot 10^{-7}$	6,1
$BaSO_4$	$1{,}1 \cdot 10^{-10}$	9,97
BaS_2O_3	$1{,}6 \cdot 10^{-5}$	4,79
$BaSeO_4$	$2{,}8 \cdot 10^{-11}$	10,55
$BeCO_3$	$1 \cdot 10^{-3}$	3
$BeMoO_4$	$3{,}2 \cdot 10^{-2}$	1,50
$Be(OH)_2(Be^{2+}, 2OH^-)$	$6{,}3 \cdot 10^{-22}$	21,2
$(BeOH^+, OH^-)$	$2 \cdot 10^{-14}$	13,7
$BiAsO_4$	$2{,}8 \cdot 10^{-10}$	9,36
BiI_3	$8{,}1 \cdot 10^{-19}$	18,09
$BiOCl(BiO^+, Cl^-)$	$7 \cdot 10^{-9}$	8,85
$(BiOCl + H_2O = Bi^{3+} + 2OH^- + Cl^-)$	$1{,}8 \cdot 10^{-31}$	30,75
$BiOOH(BiO^+, OH^-)$	$4 \cdot 10^{-10}$	9,4
$Bi(OH)_3$	$3{,}2 \cdot 10^{-32}$	31,5
$BiPO_4$	$1{,}3 \cdot 10^{-23}$	22,90

Tableau 10 (suite)

Formule de la substance	*PS*	*pPS* = −lg *PS*
Bi_2S_3	$1 \cdot 10^{-97}$	97
$Ca_3(AsO_4)_2$	$6{,}8 \cdot 10^{-19}$	18,17
$CaC_4H_4O_6$ (tartrate)	$7{,}7 \cdot 10^{-7}$	6,11
$CaCO_3$	$4{,}8 \cdot 10^{-9}$	8,32
CaC_2O_4	$2{,}3 \cdot 10^{-9}$	8,64
$CaCrO_4$	$7{,}1 \cdot 10^{-4}$	3,15
CaF_2	$4{,}0 \cdot 10^{-11}$	10,40
$CaHPO_4(Ca^{2+}, HPO_4^{2-})$	$2{,}7 \cdot 10^{-7}$	6,57
$Ca(H_2PO_4)_2(Ca^{2+}, 2H_2PO_4^-)$	$1 \cdot 10^{-3}$	3
$Ca(NH_4)_2Fe(CN)_6$	$4 \cdot 10^{-8}$	7,4
$Ca(IO_3)_2$	$7{,}0 \cdot 10^{-7}$	6,15
$Ca(OH)_2(Ca^{2+}, 2OH^-)$	$5{,}5 \cdot 10^{-6}$	5,26
$(CaOH^+, OH^-)$	$1{,}4 \cdot 10^{-4}$	3,86
$Ca_3(PO_4)_2$	$2{,}0 \cdot 10^{-29}$	28,70
$CaPO_3F(Ca^{2+}, PO_3F^{2-})$	$4 \cdot 10^{-3}$	2,4
$Ca_5(PO_4)_3OH$	$1{,}6 \cdot 10^{-58}$	57,8
$CaSO_3$	$1{,}3 \cdot 10^{-8}$	7,89
$CaSO_4$	$9{,}1 \cdot 10^{-6}$	5,04
$CaSeO_3$	$4{,}7 \cdot 10^{-6}$	5,53
$CaSiF_6$	$8{,}1 \cdot 10^{-4}$	3,09
$CaWO_4$	$9{,}0 \cdot 10^{-9}$	8,06
$Cd_3(AsO_4)_2$	$2{,}2 \cdot 10^{-33}$	32,66
$Cd(CN)_2$	$1{,}0 \cdot 10^{-8}$	8,0
$CdCO_3$	$5{,}2 \cdot 10^{-12}$	11,3
CdC_2O_4	$1{,}5 \cdot 10^{-8}$	7,8
$Cd_2Fe(CN)_6$	$3{,}2 \cdot 10^{-17}$	16,49
$Cd(NH_3)_6(BF_4)_2$	$2 \cdot 10^{-6}$	5,7
$Cd(OH)_2$ (fraîchement précipité)	$2{,}2 \cdot 10^{-14}$	13,66
$Cd(OH)_2$ (après vieillissement)	$5{,}9 \cdot 10^{-15}$	14,23
CdS	$7{,}9 \cdot 10^{-27}$	26,10
$CdSeO_3$	$1{,}30 \cdot 10^{-9}$	8,89
$CdWO_4$	$2 \cdot 10^{-6}$	5,7
$Ce_2(C_2O_4)_3$	$2{,}5 \cdot 10^{-29}$	28,60
$Ce(IO_3)_3$	$3{,}2 \cdot 10^{-10}$	9,50

Tableau 10 (suite)

Formule de la substance	*PS*	*pPS* = −lg *PS*
$Ce(IO_3)_4$	$5 \cdot 10^{-17}$	16,3
$Ce(OH)_3$	$1,5 \cdot 10^{-20}$	19,82
$CeO_2(CeO^{2+}, 2OH^-)$	$1 \cdot 10^{-24}$	24,0
$CeO_2(Ce^{4+}, 4OH^-)$	$2,5 \cdot 10^{-51}$	50,6
$Ce_2(SO_4)_3$	$2 \cdot 10^{-2}$	1,7
$Ce_2(SeO_3)_3$	$3,75 \cdot 10^{-25}$	24,43
$Co_3(AsO_4)_2$	$7,6 \cdot 10^{-29}$	28,12
$CoCO_3$	$1,4 \cdot 10^{-13}$	12,84
CoC_2O_4	$6,3 \cdot 10^{-8}$	7,2
$Co_2Fe(CN)_6$	$1,8 \cdot 10^{-15}$	14,74
$CoHg(SCN)_4[Co^{2+}, Hg(SCN)_4^{2-}]$	$1,50 \cdot 10^{-6}$	5,82
$Co(IO_3)_2$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	4,0
$Co(NH_3)_6(BF_4)_2$	$4 \cdot 10^{-6}$	5,4
$Co(NH_3)_6(ReO_4)_3$	$1,7 \cdot 10^{-12}$	11,77
$Co(OH)_2$ (bleu)	$6,3 \cdot 10^{-15}$	14,20
$Co(OH)_2$ (rose, fraîchement précipité)	$2,0 \cdot 10^{-15}$	14,80
$Co(OH)_2$ (rose, après vieillissement)	$2,0 \cdot 10^{-16}$	15,70
$Co(OH)_3$	$4 \cdot 10^{-45}$	44,4
CoS α	$4,0 \cdot 10^{-21}$	20,40
CoS β	$2,0 \cdot 10^{-25}$	24,70
$CoSeO_3$	$1,6 \cdot 10^{-7}$	6,8
$CrAsO_4$	$7,8 \cdot 10^{-21}$	20,11
$Cr(NH_3)_6(BF_4)_3$	$6,2 \cdot 10^{-5}$	4,21
$Cr(NH_3)_6(MnO_4)_3$	$4,0 \cdot 10^{-8}$	7,40
$Cr(NH_3)_6(SO_2F)_3$	$4,3 \cdot 10^{-4}$	3,9
$Cr(NH_3)_6(ReO_4)_3$	$7,7 \cdot 10^{-12}$	11,11
$Cr(OH)_2$	$1,0 \cdot 10^{-17}$	17,0
$Cr(OH)_3(Cr^{3+}, 3OH^-)$	$6,3 \cdot 10^{-31}$	30,20
$(CrOH^{2+}, 2OH^-)$	$6,3 \cdot 10^{-21}$	20,20
$CrPO_4$ (violet)	$1,0 \cdot 10^{-17}$	17,00
$CrPO_4$ (vert)	$2,4 \cdot 10^{-23}$	22,62
$CsAuCl_4(Cs^+, AuCl_4^-)$	$1 \cdot 10^{-3}$	3
$CsBF_4(Cs^+, BF_4^-)$	$2 \cdot 10^{-5}$	4,7

Tableau 10 (suite)

Formule de la substance	*PS*	*pPS* = −lg *PS*
$CsBH_4(Cs^+, BH_4^-)$	$2{,}5 \cdot 10^{-7}$	6,6
$CsBrO_3$	$2 \cdot 10^{-2}$	1,7
$CsClO_3$	$4 \cdot 10^{-2}$	1,4
$CsClO_4$	$4 \cdot 10^{-3}$	2,4
$Cs_3Co(NO_2)_6[3Cs^+, Co(NO_2)_6^{3-}]$	$5{,}8 \cdot 10^{-16}$	15,24
$CsHgCl_3(Cs^+, HgCl_3^-)$	$2 \cdot 10^{-3}$	2,7
$CsIO_3$	$1{,}0 \cdot 10^{-2}$	2,0
$CsIO_4$	$4{,}4 \cdot 10^{-3}$	2,36
$CsMnO_4$	$9{,}1 \cdot 10^{-5}$	4,08
Cs_2PtCl_6	$3 \cdot 10^{-8}$	7,44
Cs_2PtF_6	$2{,}39 \cdot 10^{-6}$	5,62
$CsReO_4$	$4{,}0 \cdot 10^{-4}$	3,40
Cs_2SiF_6	$1{,}26 \cdot 10^{-5}$	4,90
$Cs_2SnCl_6(2Cs^+, SnCl_6^{2-})$	$3{,}6 \cdot 10^{-8}$	7,44
$Cu_3(AsO_4)_2$	$7{,}6 \cdot 10^{-36}$	35,12
$CuBr$	$5{,}25 \cdot 10^{-9}$	8,28
$CuCN$	$3{,}2 \cdot 10^{-20}$	19,49
$CuCO_3$	$2{,}5 \cdot 10^{-10}$	9,6
CuC_2O_4	$3 \cdot 10^{-8}$	7,5
$CuCl$	$1{,}2 \cdot 10^{-6}$	5,92
$CuCrO_4$	$3{,}6 \cdot 10^{-6}$	5,44
$Cu_2Fe(CN)_6$	$1{,}3 \cdot 10^{-16}$	15,89
CuI	$1{,}1 \cdot 10^{-12}$	11,96
$Cu(IO_3)_2$	$7{,}4 \cdot 10^{-8}$	7,13
CuN_3	$5{,}0 \cdot 10^{-9}$	8,3
$Cu_2O(2Cu^+, OH^-)$	$1 \cdot 10^{-14}$	14,0
$Cu(OH)_2(Cu^{2+}, 2OH^-)$	$2{,}2 \cdot 10^{-20}$	19,66
$(CuOH^+, OH^-)$	$2{,}2 \cdot 10^{-13}$	12,66
$Cu_2(OH)_2CO_3$	$1{,}7 \cdot 10^{-34}$	33,78
$Cu_2P_2O_7$	$8{,}3 \cdot 10^{-16}$	15,08
CuS	$6{,}3 \cdot 10^{-36}$	35,20
Cu_2S	$2{,}5 \cdot 10^{-48}$	47,60
$CuSCN$	$4{,}8 \cdot 10^{-15}$	14,32
$CuSe$	$1 \cdot 10^{-49}$	49
$CuSeO_3$	$2{,}1 \cdot 10^{-8}$	7,68
$CuWO_4$	$1 \cdot 10^{-5}$	5
$FeAsO_4$	$5{,}8 \cdot 10^{-21}$	20,24

Tableau 10 (suite)

Formule de la substance	*PS*	*pPS* = −lg *PS*
$FeCO_3$	$3{,}47\cdot10^{-11}$	10,46
FeC_2O_4	$2\cdot10^{-7}$	6,7
$Fe_4[Fe(CN)_6]_3$	$3{,}0\cdot10^{-41}$	40,52
$Fe(OH)_2(Fe^{2+}, 2OH^-)$	$1\cdot10^{-15}$	15,0
$(FeOH^+, OH^-)$	$5\cdot10^{-10}$	9,3
$Fe(OH)_3(Fe^{3+}, 3OH^-)$	$3{,}2\cdot10^{-38}$	37,50
$(FeOH^{2+}, 2OH^-)$	$2\cdot10^{-26}$	25,70
$[Fe(OH)_2{}^+, OH^-]$	$4\cdot10^{-17}$	16,40
$FePO_4$	$1{,}30\cdot10^{-22}$	21,89
FeS	$5\cdot10^{-18}$	17,3
$FeS_2(Fe^{2+}, S_2^{2-})$	$6{,}3\cdot10^{-31}$	30,2
$FeSe$	$1\cdot10^{-26}$	26
$Fe_2(SeO_3)_3$	$2\cdot10^{-31}$	30,7
$Ga_4[Fe(CN)_6]_3$	$1{,}5\cdot10^{-34}$	33,82
$Ga(OH)_3$	$7{,}1\cdot10^{-36}$	35,15
$GeO_2(Ge^{4+}, 4OH^-)$	$1\cdot10^{-57}$	57,0
GeS	$3\cdot10^{-35}$	34,5
$HfO(OH)_2(HfO^{2+}, 2OH^-)$	$4\cdot10^{-26}$	25,4
$Hg_2Br_2(Hg_2^{2+}, 2Br^-)$	$5{,}8\cdot10^{-23}$	22,24
$Hg_2CO_3(Hg_2^{2+}, CO_3^{2-})$	$8{,}9\cdot10^{-17}$	16,05
$Hg_2C_2O_4(Hg_2^{2+}, C_2O_4^{2-})$	$1\cdot10^{-13}$	13
$Hg_2Cl_2(Hg_2^{2+}, 2Cl^-)$	$1{,}3\cdot10^{-18}$	17,88
$Hg_2CrO_4(Hg_2^{2+}, CrO_4^{2-})$	$5{,}0\cdot10^{-9}$	8,70
$Hg_2I_2(Hg_2^{2+}, 2I^-)$	$4{,}5\cdot10^{-29}$	28,35
$Hg_2(IO_3)_2(Hg_2^{2+}, 2IO_3^-)$	$2{,}45\cdot10^{-14}$	13,71
$Hg_2HPO_4(Hg_2^{2+}, HPO_4^{2-})$	$4{,}0\cdot10^{-13}$	12,40
$HgO(Hg^{2+}, 2OH^-)$	$3{,}0\cdot10^{-26}$	25,52
$Hg_2O(Hg_2^{2+}, 2OH^-)$	$1{,}6\cdot10^{-23}$	22,8
HgS* (noir)	$1{,}6\cdot10^{-52}$	51,8

* Les produits de solubilité des sels de mercure (II) (à l'exception de HgS et HgSe) n'y figurent pas puisque leurs valeurs trop faibles peuvent donner des idées fausses sur les solubilités également faibles de ces sels. En effet, lorsque les sels de mercure (II) passent en solution, il se forme très peu d'ions libres (dont le produit de concentrations fournit la valeur du *PS*), mais un nombre relativement grand de molécules non dissociées telles que $Hg(CN)_2$, $HgCl_2$, etc.

On peut juger du taux de dissociation des sels de mercure (II) d'après les constantes d'instabilité représentées dans le *Tableau 38*.

Tableau 10 (suite)

Formule de la substance	*PS*	*pPS* = −lg *PS*
HgS (rouge)	$4{,}0 \cdot 10^{-53}$	52,40
$Hg_2S(Hg_2^{2+}, S^{2-})$	$1 \cdot 10^{-47}$	47,0
$Hg_2(SCN)_2(Hg_2^{2+}, 2SCN^-)$	$3{,}0 \cdot 10^{-20}$	19,52
$Hg_2SO_3(Hg_2^{2+}, SO_3^{2-})$	$1 \cdot 10^{-27}$	27,0
$Hg_2SO_4(Hg_2^{2+}, SO_4^{2-})$	$6{,}8 \cdot 10^{-7}$	6,17
HgSe	$1 \cdot 10^{-59}$	59,0
$Hg_2SeO_3(H_2^{2+}, SeO_3^{2-})$	$6{,}3 \cdot 10^{-15}$	14,2
$Hg_2WO_4(Hg_2^{2+}, WO_4^{2-})$	$1{,}10 \cdot 10^{-17}$	16,96
$In_4[Fe(CN)_6]_3$	$1{,}9 \cdot 10^{-44}$	43,72
$In(IO_3)_3$	$3 \cdot 10^{-3}$	2,5
$In(OH)_3$	$5 \cdot 10^{-34}$	33,3
In_2S_3	$1 \cdot 10^{-88}$	88
$IrO_2(Ir^{4+}, 4OH^-)$	$1{,}6 \cdot 10^{-72}$	71,8
$Ir_2O_3(2Ir^{3+}, 3OH^-)$	$2 \cdot 10^{-48}$	47,7
IrS_2	$1 \cdot 10^{-75}$	75
$K_3AlF_6(3K^+, AlF_6^{3-})$	$1{,}6 \cdot 10^{-9}$	8,80
$KBF_4(K^+, BF_4^-)$	$2 \cdot 10^{-3}$	2,7
$KBH_4(K^+, BH_4^-)$	$1{,}3 \cdot 10^{-3}$	2,9
$K(C_6H_5)_4B[K^+, (C_6H_5)_4B^-]$	$2{,}25 \cdot 10^{-8}$	7,65
$KClO_4$	$1{,}1 \cdot 10^{-2}$	1,97
$K_3Co(NO_2)_6[3K^+, Co(NO_2)_6^{3-}]$	$4{,}3 \cdot 10^{-10}$	9,37
$K_2NaCo(NO_2)_6$ $[2K^+, Na^+, Co(NO_2)_6^{3-}]$	$2{,}2 \cdot 10^{-11}$	10,66
$K_2GeF_6(2K^+, GeF_6^{2-})$	$3{,}0 \cdot 10^{-5}$	4,52
$K_2HfF_6(2K^+, HfF_6^{2-})$	$2 \cdot 10^{-3}$	2,7
$K_2IrCl_6(2K^+, IrCl_6^{2-})$	$6{,}8 \cdot 10^{-5}$	4,17
KIO_4	$8{,}3 \cdot 10^{-4}$	3,08
$K_2PdCl_4(2K^+, PdCl_4^{2-})$	$1{,}6 \cdot 10^{-5}$	4,9
$K_2PdCl_6(2K^+, PdCl_6^{2-})$	$6{,}0 \cdot 10^{-6}$	5,2
$K_2PtCl_4(2K^+, PtCl_4^{2-})$	$8 \cdot 10^{-3}$	2,1
$K_2PtCl_6(2K^+, PtCl_6^{2-})$	$1{,}1 \cdot 10^{-5}$	4,96
$K_2PtF_6(2K^+, PtF_6^{2-})$	$2{,}9 \cdot 10^{-5}$	4,54
$KReO_4$	$1{,}9 \cdot 10^{-3}$	2,72
K_2SiF_6	$8{,}7 \cdot 10^{-7}$	6,06
$K_2TiF_6(2K^+, TiF_6^{2-})$	$5 \cdot 10^{-4}$	3,3
$K_2ZrF_6(2K^+, ZrF_6^{2-})$	$5 \cdot 10^{-4}$	3,3

Tableau 10 (suite)

Formule de la substance	*PS*	*pPS* = −lg *PS*
$La(BrO_3)_3$	$3\cdot10^{-3}$	2,5
$La_2(C_2O_4)_3$	$2,5\cdot10^{-27}$	26,60
$La(IO_3)_3$	$6,2\cdot10^{-12}$	11,21
$La_2(MoO_4)_3$	$4\cdot10^{-21}$	20,4
$La(OH)_3$	$2,0\cdot10^{-19}$	18,7
La_2S_3	$2,0\cdot10^{-13}$	12,70
$La_2(SO_4)_3$	$3\cdot10^{-5}$	4,5
Li_2CO_3	$3,98\cdot10^{-3}$	2,40
LiF	$3,8\cdot10^{-3}$	2,42
LiOH	$4\cdot10^{-2}$	1,4
Li_3PO_4	$3,2\cdot10^{-9}$	8,5
$Mg_3(AsO_4)_2$	$2,1\cdot10^{-20}$	19,68
$MgCO_3$	$2,1\cdot10^{-5}$	4,67
MgC_2O_4	$8,6\cdot10^{-5}$	4,1
MgF_2	$6,5\cdot10^{-9}$	8,19
$Mg(IO_3)_2$	$3\cdot10^{-3}$	2,5
$MgK_2Fe(CN)_6$	$5\cdot10^{-9}$	8,3
$Mg(NH_4)_2Fe(CN)_6$	$4\cdot10^{-8}$	7,4
$MgNH_4PO_4$	$2,5\cdot10^{-13}$	12,6
$Mg(OH)_2$ (fraîchement précipité)	$6,0\cdot10^{-10}$	9,22
$Mg(OH)_2(Mg^{2+}, 2OH^-)$	$1,8\cdot10^{-11}$	10,74
$(MgOH^+, OH^-)$ (après vieillissement)	$2,3\cdot10^{-7}$	6,64
$Mg_3(PO_4)_2$	$1\cdot10^{-13}$	13
$MgSO_3$	$3\cdot10^{-3}$	2,5
$MgSeO_3$	$1,30\cdot10^{-5}$	4,89
$Mn_3(AsO_4)_2$	$1,9\cdot10^{-29}$	28,72
$MnCO_3$	$1,8\cdot10^{-11}$	10,74
MnC_2O_4	$5\cdot10^{-6}$	5,3
$Mn_2Fe(CN)_6$	$7,9\cdot10^{-13}$	12,10
$MnNH_4PO_4$	$1\cdot10^{-12}$	12
$Mn(OH)_2(Mn^{2+}, 2OH^-)$	$1,9\cdot10^{-13}$	12,72
$(MnOH^+, OH^-)$	$1,5\cdot10^{-9}$	8,82
$Mn(OH)_3$	$1\cdot10^{-36}$	36

Tableau 10 (suite)

Formule de la substance	*PS*	*pPS* = —lg *PS*
MnS* .... (couleur chair)	$2{,}5\cdot10^{-10}$	9,60
MnS** .... (vert)	$2{,}5\cdot10^{-13}$	12,60
$MnSeO_3$	$1{,}26\cdot10^{-7}$	6,9
$Mo(OH)_4$	$1\cdot10^{-50}$	50,0
$(NH_4)_3AlF_6(3NH_4^+, AlF_6^{3-})$	$1{,}6\cdot10^{-3}$	2,80
$(NH_4)_3Co(NO_2)_6[3NH_4^+, Co(NO_2)_6^{3-}]$	$7{,}6\cdot10^{-6}$	5,12
$(NH_4)_2IrCl_6$	$3\cdot10^{-5}$	4,5
$(NH_4)_2PtCl_6$	$9\cdot10^{-6}$	5,05
Na_3AlF_6	$4{,}1\cdot10^{-10}$	9,39
Na_2BeF_4	$7\cdot10^{-3}$	2,15
$NaIO_4$	$3\cdot10^{-3}$	2,5
$NaSb(OH)_6[Na^+, Sb(OH)_6^-]$ ...	$4\cdot10^{-8}$	7,4
Na_2SiF_6	$2{,}8\cdot10^{-4}$	3,56
$Ni_3(AsO_4)_2$	$3{,}1\cdot10^{-26}$	25,51
$Ni(CN)_2$	$3\cdot10^{-23}$	22,5
$NiCO_3$	$1{,}3\cdot10^{-7}$	6,87
NiC_2O_4	$4\cdot10^{-10}$	9,4
$Ni(ClO_3)_2$	$1\cdot10^{-4}$	4
$Ni_2Fe(CN)_6$	$1{,}3\cdot10^{-15}$	14,89
$Ni(IO_3)_2$	$1{,}40\cdot10^{-8}$	7,85
$Ni(NH_3)_6(BF_4)_2$	$1\cdot10^{-6}$	6
$Ni(NH_3)_6(ReO_4)_2$	$5{,}1\cdot10^{-4}$	3,29
$Ni(OH)_2$ .... (fraîchement précipité)	$2{,}0\cdot10^{-15}$	14,70
$Ni(OH)_2$ .... (après vieillissement)	$6{,}3\cdot10^{-18}$	17,20
$Ni_2P_2O_7$	$1{,}7\cdot10^{-13}$	12,77
NiS α	$3{,}2\cdot10^{-19}$	18,50
NiS β	$1\cdot10^{-24}$	24,0

* Les valeurs du PS_{MnS} sont citées selon Ringbom A. *Solubilities of sulfides.* Report to analytical section IUPAC, July, 1953. Elles diffèrent essentiellement de nombreuses valeurs trouvées auparavant, par exemple pour la modification couleur chair : $7\cdot10^{-16}$ (Bruner, Zawadski), $1{,}1\cdot10^{-15}$ (Kapoustinski); pour la modification verte : $6{,}2\cdot10^{-22}$ (Bruner, Zawadski).

Tableau 10 (suite)

Formule de la substance	*PS*	*pPS* = —lg *PS*
NiS γ	$2{,}0 \cdot 10^{-26}$	25,70
$NiSeO_3$	$1{,}0 \cdot 10^{-5}$	5,0
$NpO_2(OH)_2(NpO_2^+, 2OH^-)$	$2{,}5 \cdot 10^{-22}$	21,6
$Pb_3(AsO_4)_2$	$4{,}1 \cdot 10^{-36}$	35,39
$PbBr_2$	$9{,}1 \cdot 10^{-6}$	5,04
$Pb(BrO_3)_2$	$7{,}99 \cdot 10^{-6}$	5,10
$PbCO_3$	$7{,}49 \cdot 10^{-14}$	13,13
PbC_2O_4	$4{,}8 \cdot 10^{-10}$	9,32
$PbCl_2$	$1{,}6 \cdot 10^{-5}$	4,79
PbClF	$2{,}8 \cdot 10^{-9}$	8,55
$PbCrO_4$	$1{,}8 \cdot 10^{-14}$	13,75
PbF_2	$2{,}7 \cdot 10^{-8}$	7,57
$Pb_2Fe(CN)_6$	$3{,}5 \cdot 10^{-15}$	14,46
PbI_2	$1{,}1 \cdot 10^{-9}$	8,98
$Pb(IO_3)_2$	$2{,}6 \cdot 10^{-13}$	12,58
$PbMoO_4$	$4{,}0 \cdot 10^{-6}$	5,4
$Pb(N_3)_2$	$2{,}6 \cdot 10^{-9}$	8,59
$Pb(OH)_2(Pb^{2+}, 2OH^-)$	$1{,}1 \cdot 10^{-20}$	19,96
$(PbOH^+, OH^-)$	$8{,}7 \cdot 10^{-14}$	13,06
PbOHBr	$2 \cdot 10^{-15}$	14,7
PbOHCl	$2 \cdot 10^{-14}$	13,7
$PbO_2(Pb^{4+}, 4OH^-)$	$3{,}0 \cdot 10^{-66}$	65,5
$Pb_3O_4(2Pb^{2+}, PbO_4^{4-})$	$5{,}3 \cdot 10^{-51}$	50,28
$Pb_3(PO_4)_2$	$7{,}9 \cdot 10^{-43}$	42,10
$Pb_5(PO_4)_3Cl$	$7{,}5 \cdot 10^{-80}$	79,12
$PbPO_3F$	$1 \cdot 10^{-7}$	7,0
PbS	$2{,}5 \cdot 10^{-27}$	26,60
$Pb(SCN)_2$	$2{,}0 \cdot 10^{-5}$	4,70
$PbSO_4$	$1{,}6 \cdot 10^{-8}$	7,80
PbS_2O_3	$4{,}0 \cdot 10^{-7}$	6,40
PbSe	$1 \cdot 10^{-38}$	38
$PbSeO_3$	$3 \cdot 10^{-12}$	11,5
$PbSeO_4$	$1{,}45 \cdot 10^{-7}$	6,84
$PbWO_4$	$4{,}5 \cdot 10^{-7}$	6,35
$Pb(OH)_4$	$6{,}5 \cdot 10^{-71}$	70,2
PoS	$5 \cdot 10^{-29}$	28,3

Tableau 10 (suite)

Formule de la substance	*PS*	*pPS* = —lg *PS*
$Po(SO_4)_2$	$2,6 \cdot 10^{-7}$	6,58
$PtBr_4$	$3 \cdot 10^{-41}$	40,5
$PtCl_4$	$8,0 \cdot 10^{-29}$	28,1
$Pt(OH)_2$	$1 \cdot 10^{-35}$	35
$PtO_2(Pt^{4+}, 4OH^-)$	$1,6 \cdot 10^{-72}$	71,8
PtS	$8 \cdot 10^{-73}$	72,1
$Pu(OH)_3$	$2 \cdot 10^{-20}$	19,7
$Pu(OH)_4$	$1 \cdot 10^{-52}$	52
$PuO_2OH(PuO_2^+, OH^-)$	$1 \cdot 10^{-3}$	3
$PuO_2(OH)_2(PuO_2^{2+}, 2OH^-)$	$3,2 \cdot 10^{-21}$	20,5
$Pu(IO_3)_4$	$5 \cdot 10^{-13}$	12,3
$Ra(IO_3)_2$	$8,8 \cdot 10^{-10}$	9,06
$Ra(NO_3)_2$	$6,2 \cdot 10^{-3}$	2,21
$RaSO_4$	$4,3 \cdot 10^{-11}$	10,37
$RbBF_4$	$1 \cdot 10^{-3}$	3,0
$RbBH_4$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	3,6
$RbBrO_3$	$2 \cdot 10^{-2}$	1,7
$RbClO_4$	$2,5 \cdot 10^{-3}$	2,60
$Rb_3Co(NO_2)_6$ $[3Rb^+, Co(NO_2)_6^{3-}]$	$1,48 \cdot 10^{-15}$	14,83
$RbIO_4$	$5,5 \cdot 10^{-4}$	3,26
$RbMnO_4$	$2,9 \cdot 10^{-3}$	2,54
$Rb_2PtCl_6(2Rb^+, PtCl_6^{2-})$	$9 \cdot 10^{-8}$	7,2
$Rb_2PtF_6(2Rb^+, PtF_6^{2-})$	$7,63 \cdot 10^{-7}$	6,12
$RbReO_4$	$9,6 \cdot 10^{-4}$	3,02
Rb_2SiF_6	$5 \cdot 10^{-7}$	6,3
Rb_2TiF_6	$5,5 \cdot 10^{-5}$	4,26
$Rh_2O_3(Rh^{3+}, 3OH^-)$	$2 \cdot 10^{-48}$	47,7
$Ru_2O_3(Ru^{3+}, 3OH^-)$	$1 \cdot 10^{-36}$	36
$Sb_2O_3(Sb^{3+}, 3OH^-)$	$4 \cdot 10^{-42}$	41,4
(SbO^+, OH^-)	$7,9 \cdot 10^{-18}$	17,1
Sb_2S_3	$1,6 \cdot 10^{-93}$	92,8
$Sc(OH)_3$	$1 \cdot 10^{-27}$	27
SnI_2	$1,0 \cdot 10^{-4}$	4,0
$Sn(OH)_2(Sn^{2+}, 2OH^-)$	$6,3 \cdot 10^{-27}$	26,20
$(SnOH^+, OH^-)$	$4,6 \cdot 10^{-15}$	14,34

Tableau 10 (suite)

Formule de la substance	*PS*	*pPS* = —lg *PS*
$Sn(OH)_4$	$1\cdot10^{-57}$	57
SnS	$1\cdot10^{-25}$	25,0
$Sr_3(AsO_4)_2$	$1,3\cdot10^{-18}$	17,79
$SrCO_3$	$1,1\cdot10^{-10}$	9,96
SrC_2O_4	$5,6\cdot10^{-8}$	7,25
$SrCrO_4$	$3,6\cdot10^{-5}$	4,44
SrF_2	$2,5\cdot10^{-9}$	8,61
$Sr(IO_3)_2$	$3,3\cdot10^{-7}$	6,48
$SrMoO_4$	$2\cdot10^{-7}$	6,7
$Sr(OH)_2$	$3,2\cdot10^{-4}$	3,50
$Sr_3(PO_4)_2$	$1\cdot10^{-31}$	31
$SrPO_3F$	$3\cdot10^{-3}$	2,5
$SrSO_3$	$4\cdot10^{-8}$	7,4
$SrSO_4$	$3,2\cdot10^{-7}$	6,49
$SrSeO_3$	$8,5\cdot10^{-7}$	6,07
$SrSiF_6$	$1,5\cdot10^{-2}$	1,82
$SrWO_4$	$2,2\cdot10^{-10}$	9,77
$Te(OH)_4$	$3,0\cdot10^{-54}$	53,52
$Th(C_2O_4)_2$	$2,0\cdot10^{-5}$	4,70
$Th(IO_3)_4$	$2,5\cdot10^{-15}$	14,6
$Th(OH)_4$	$3,2\cdot10^{-45}$	44,5
$Th_3(PO_4)_4$	$2,57\cdot10^{-79}$	78,59
$Th(SO_4)_2$	$4\cdot10^{-3}$	2,4
$TiO(OH)_2(TiO^{2+}, 2OH^-)$	$1\cdot10^{-29}$	29
$TlBr$	$3,89\cdot10^{-6}$	5,41
$TlBrO_3$	$3,89\cdot10^{-4}$	3,41
Tl_2CO_3	$4\cdot10^{-3}$	2,4
$TlCl$	$1,7\cdot10^{-4}$	3,76
$TlClO_4$	$4\cdot10^{-2}$	1,4
$Tl_3Co(NO_2)_6[3Tl^+, Co(NO_2)_6^{3-}]$	$1,0\cdot10^{-16}$	16,00
Tl_2CrO_4	$9,8\cdot10^{-13}$	12,01
$Tl_4Fe(CN)_6$	$5\cdot10^{-10}$	9,3
TlI	$6,5\cdot10^{-8}$	7,19
$TlIO_3$	$3,1\cdot10^{-6}$	5,51
$Tl(OH)_3$	$6,3\cdot10^{-46}$	45,20
Tl_3PO_4	$6,7\cdot10^{-8}$	7,18

Tableau 10 (suite)

Formule de la substance	*PS*	*pPS* = —lg *PS*
Tl_2PtCl_6	$4 \cdot 10^{-12}$	11,4
$TlReO_4$	$1,2 \cdot 10^{-5}$	4,92
Tl_2S	$5,0 \cdot 10^{-21}$	20,30
$TlSCN$	$1,7 \cdot 10^{-4}$	3,77
Tl_2SO_3	$6,3 \cdot 10^{-4}$	3,2
Tl_2SO_4	$4 \cdot 10^{-3}$	2,4
$Tl_2S_2O_3$	$2,0 \cdot 10^{-7}$	6,70
$TlVO_3$	$1 \cdot 10^{-5}$	5
$Tl_4V_2O_7$	$1 \cdot 10^{-11}$	11
$UO_2C_2O_4$	$4 \cdot 10^{-4}$	3,4
$(UO_2)_2Fe(CN)_6$	$7,0 \cdot 10^{-14}$	13,15
$UO_2HAsO_4(UO_2^{2+}, HAsO_4^{2-})$	$3,2 \cdot 10^{-11}$	10,50
$UO_2HPO_4(UO_2^{2+}, HPO_4^{2-})$	$2,14 \cdot 10^{-11}$	10,67
$UO_2(IO_3)_2$	$3 \cdot 10^{-8}$	7,5
UO_2KAsO_4	$2,5 \cdot 10^{-23}$	22,60
UO_2KPO_4	$7,8 \cdot 10^{-24}$	23,11
$UO_2NH_4AsO_4$	$1,7 \cdot 10^{-24}$	23,77
$UO_2NH_4PO_4$	$4,4 \cdot 10^{-27}$	26,36
UO_2NaAsO_4	$1,3 \cdot 10^{-22}$	21,87
$U(OH)_3$	$1 \cdot 10^{-19}$	19,0
$U(OH)_4$	$1 \cdot 10^{-45}$	45,0
$UO_2(OH)_2(UO_2^{2+}, 2OH^-)$	$1 \cdot 10^{-22}$	22,0
$VO(OH)_2$	$7,4 \cdot 10^{-23}$	22,13
$V_2O_5(VO_2^+, OH^-)$	$1,6 \cdot 10^{-15}$	14,8
$(VO)_3(PO_4)_2$	$8 \cdot 10^{-25}$	24,1
$W(OH)_4$	$1 \cdot 10^{-50}$	50,0
$Y(OH)_3$	$6,3 \cdot 10^{-25}$	24,2
$Zn_3(AsO_4)_2$	$1,07 \cdot 10^{-27}$	26,97
$Zn(CN)_2$	$2,6 \cdot 10^{-13}$	12,59
$ZnCO_3$	$1,45 \cdot 10^{-11}$	10,84
ZnC_2O_4	$1,5 \cdot 10^{-9}$	8,8
$ZnFe(CN)_6$	$4,1 \cdot 10^{-16}$	15,39
$ZnHg(SCN)_4$ $[Zn^{2+}, Hg(SCN)_4^{2-}]$	$2,2 \cdot 10^{-7}$	6,66
$Zn(IO_3)_2$	$2,0 \cdot 10^{-8}$	7,7
$Zn(OH)_2(Zn^{2+}, 2OH^-)$	$7,1 \cdot 10^{-18}$	17,15
$(ZnOH^+, OH^-)$	$1,8 \cdot 10^{-13}$	12,75

Tableau 10 (suite)

Formule de la substance	*PS*	*pPS*=—lg *PS*
$Zn_3(PO_4)_2$	$9{,}1\cdot10^{-33}$	32,04
ZnS α .... (blende)	$1{,}6\cdot10^{-24}$	23,80
ZnS β .... (wurtzite)	$2{,}5\cdot10^{-22}$	21,60
ZnSe	$1\cdot10^{-31}$	31
$ZnSeO_3$	$2{,}57\cdot10^{-7}$	6,59
$ZrO(OH_2)$	$2\cdot10^{-24}$	23,7
$Zr(OH)_4(Zr^{4+}, 4OH^-)$	$1{,}1\cdot10^{-54}$	53,96
$[Zr(OH)_2^{2+}, 2OH^-]$	$3{,}2\cdot10^{-26}$	25,50
$Zr_3(PO_4)_4$	10^{-132}	132

Tableau 11

Coefficients d'activité de divers ions

Ions	Valeurs du coefficient d'activité pour la force ionique * (μ)							
	0,0005	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1
	Ions des composés minéraux							
H^+	0,975	0,967	0,950	0,933	0,914	0,88	0,86	0,83
Li^+	0,975	0,965	0,948	0,929	0,907	0,87	0,835	0,80
Rb^+, Cs^+, NH_4^+, Ag^+, Tl^+	0,975	0,964	0,945	0,924	0,898	0,85	0,80	0,75
K^+, Cl^-, Br^-, I^-, CN^-, NO_2^-, NO_3^-	0,975	0,964	0,945	0,925	0,899	0,85	0,805	0,755
OH^-, F^-, HS^-, ClO_3^-, ClO_4^-, BrO_3^-, IO_4^-, MnO_4^-, OCN^-, SCN^-	0,975	0,964	0,946	0,926	0,900	0,855	0,81	0,76
Na^+, $CdCl^+$, ClO_2^-, IO_3^-, HCO_3^-, $H_2PO_4^-$, HSO_3^-, $H_2AsO_3^-$	0,975	0,964	0,947	0,928	0,902	0,86	0,82	0,775
Hg_2^{2+}, SO_4^{2-}, $S_2O_3^{2-}$, $S_4O_6^{2-}$, $S_2O_8^{2-}$, SeO_4^{2-}, CrO_4^{2-}, HPO_4^{2-}	0,903	0,867	0,803	0,740	0,660	0,545	0,445	0,355
Pb^{2+}, CO_3^{2-}, SO_3^{2-}, MoO_4^{2-}	0,903	0,868	0,805	0,742	0,665	0,55	0,455	0,37
Sr^{2+}, Ba^{2+}, Ra^{2+}, Cd^{2+}, Hg^{2+}, S^{2-}, $S_2O_4^{2-}$, WO_4^{2-}	0,903	0,868	0,805	0,744	0,67	0,555	0,465	0,38
Ca^{2+}, Cu^{2+}, Zn^{2+}, Sn^{2+}, Mn^{2+} Fe^{2+}, Ni^{2+}, Co^{2+}	0,905	0,870	0,809	0,749	0,675	0,57	0,485	0,405
Mg^{2+}, Be^{2+}	0,906	0,872	0,813	0,755	0,69	0,595	0,52	0,45
PO_4^{3-}, $[Fe(CN)_6]^{3-}$	0,796	0,725	0,612	0,505	0,395	0,25	0,16	0,095
Al^{3+}, Fe^{3+}, Cr^{3+}, Sc^{3+}, Y^{3+}, La^{3+}, In^{3+}, Ce^{3+}, Pr^{3+}, Nd^{3+}, Sm^{3+}	0,802	0,738	0,632	0,54	0,445	0,325	0,245	0,18

$[Fe(CN)_6]^{4-}$	0,668	0,57	0,425	0,31	0,20	0,10	0,048	0,021
Th^{4+}, Zr^{4+}, Ce^{4+}, Sn^{4+}	0,678	0,588	0,455	0,35	0,255	0,155	0,10	0,065
	Ions des composés organiques							
$HCOO^-$, $H_2C_6H_5O_7^-$, $CH_3NH_3^+$, $(CH_3)_2NH_2^+$	0,975	0,964	0,946	0,926	0,900	0,855	0,81	0,76
$^-OOCCH_2NH_3^+$, $(CH_3)_3NH^+$, $C_2H_5NH_3^+$	0,975	0,964	0,947	0,927	0,901	0,855	0,815	0,77
CH_3COO^-, $(CH_3)_4N^+$, CH_2ClCOO^-, $NH_2CH_2COO^-$	0,975	0,964	0,947	0,928	0,902	0,86	0,82	0,775
$CHCl_2COO^-$, CCl_3COO^-, $(C_2H_5)_3NH^+$, $C_3H_7NH^+$	0,975	0,964	0,947	0,928	0,904	0,865	0,83	0,79
$C_6H_5COO^-$, $C_6H_4OHCOO^-$, $C_6H_4ClCOO^-$, $C_6H_5CH_2COO^-$, $H_2C=CHCH_2COO^-$, $(C_2H_5)_4N^+$, $(CH_3)_2C=CHCOO^-$, $(C_3H_7)_2NH_2^+$	0,975	0,965	0,948	0,929	0,907	0,87	0,835	0,80
$[OC_6H_2(NO_2)_3]^-$, $(C_3H_7)_3NH^+$	0,975	0,965	0,948	0,930	0,909	0,875	0,845	0,81
$(COO)_2^{2-}$, $HC_6H_5O_7^{2-}$	0,903	0,867	0,804	0,741	0,662	0,55	0,45	0,36
$H_2C(COO)_2^{2-}$, $(CH_2COO)_2^{2-}$, $(CHOHCOO)_2^{2-}$	0,903	0,868	0,805	0,744	0,67	0,555	0,465	0,38
$C_6H_4(COO)_2^{2-}$, $H_2C(CH_2COO)_2^{2-}$, $CH_2CH_2(COO)_2^{2-}$	0,905	0,870	0,809	0,749	0,675	0,57	0,485	0,405
$C_6H_5O_7^{3-}$	0,796	0,728	0,616	0,51	0,405	0,27	0,18	0,115

* La force ioniqu « $\mu = \frac{C_1Z_1^2 + C_2Z_2^2 + C_3Z_3^2 + \ldots + C_nZ_n^2}{2}$, où C_1, C_2, C_3, ..., C_n sont les concentrations de tous les ions présents en solution et Z_1, Z_2, Z_3, ..., Z_n, les valeurs correspondantes des charges de ces ions.

Tableau 12

Coefficients d'activité de divers ions pour des valeurs élevées de la force ionique de la solution

(Valeurs approximatives)

Le *Tableau 12* est dressé par Meites* en utilisant la formule de Davis :

$$-\frac{\lg f_i}{Z_i^2}=\frac{0{,}511\sqrt{\mu}}{1+1{,}5\sqrt{\mu}}-0{,}2\mu$$

où μ est la force ionique de la solution ;
f_i le coefficient d'activité de l'ion ;
Z_i, la charge ionique (de 1 à 6).

On a adopté comme la valeur du rayon ionique effectif sa moyenne propre à tous les ions.

μ	$-\frac{\lg f_i}{Z_i^2}$	f_i pour Z_i					
		1	2	3	4	5	6
0,05	0,076	0,84	0,50	0,21	0,062	0,013	0,0019
0,1	0,090	0,81	0,44	0,16	0,037	0,0058	0,00060
0,2	0,097	0,80	0,41	0,14	0,028	0,0038	0,00033
0,3	0,094	0,81	0,42	0,14	0,032	0,0046	0,00043
0,4	0,086	0,82	0,45	0,17	0,042	0,0072	0,00082
0,5	0,075	0,84	0,50	0,21	0,062	0,013	0,0020
0,6	0,063	0,87	0,56	0,27	0,098	0,027	0,0054
0,7	0,050	0,89	0,63	0,36	0,16	0,058	0,016
0,8	0,035	0,92	0,72	0,48	0,27	0,13	0,054
0,9	0,020	0,96	0,83	0,66	0,48	0,31	0,19
1,0	0,0044	0,99	0,96	0,91	0,85	0,78	0,69

* Meites L. *Handbook of analytical chemistry*. N. Y., 1963.

Tableau 13

Jaugeage de la verrerie

La correction A est égale à la différence entre 1000 g (la masse de 1 l d'eau sous vide à 4 °C) et la masse de 1 l d'eau sous vide à une température donnée (première colonne).

La correction B caractérise la pesée en air utilisant un jeu de poids en laiton (la densité du laiton 8,4 g/cm^3), elle est calculée à l'admission que la pression barométrique soit voisine de 760 mm Hg et l'humidité relative de l'air soit proche de 50 %. Puisque la variation de la pression barométrique de 10 mm Hg implique une variation de la valeur de B de 14 mg en moyenne, pour un écart important de la pression à 760 mm, la quantité B est à remplacer par une quantité plus précise : $B' = B + (P - 760) \cdot 1{,}4$ mg, où P est la pression barométrique.

La correction C caractérisant la dilatation (ou la compression) d'un récipient en fonction de la température supérieure ou inférieure à la normale (20 °C) est calculée d'après le coefficient de dilatation moyen du verre, égal à $25 \cdot 10^{-6}$.

Dans la dernière colonne figure la masse d'eau dans l'air à la température d'expérience, qui, à 20 °C, occupe un volume égal à 1 l. *La partie correspondante de cette masse est mise en jeu dans le cas où l'on jauge les récipients à une capacité moins importante.*

Température (°C)	Masse de 1000 ml d'eau sous vide (g) ($d \cdot 1000$)	Correction A (g)	Correction B (g)	Correction C (g)	$A+B+C$ (g)	$1000-(A+B+C)$ (g)
9	999,81	0,19	1,10	+0,28	1,57	998,43
10	999,73	0,27	1,09	+0,25	1,61	998,39
11	999,63	0,37	1,09	+0,23	1,69	998,31
12	999,52	0,48	1,09	+0,20	1,77	998,23
13	999,40	0,60	1,08	+0,18	1,86	998,14
14	999,27	0,73	1,08	+0,15	1,96	998,04
15	999,13	0,87	1,07	+0,13	2,07	997,93
16	998,97	1,03	1,07	+0,10	2,20	997,80
17	998,80	1,20	1,07	+0,08	2,35	997,65

Tableau 13 (suite)

Température (°C)	Masse de 1000 ml d'eau sous vide (g) ($d \cdot 1000$)	Correction A (g)	Correction B (g)	Correction C (g)	$A+B+C$ (g)	$1000-(A+B+C)$ (g)
18	998,62	1,38	1,06	+0,05	2,49	997,51
19	998,43	1,57	1,06	+0,03	2,66	997,34
20	998,23	1,77	1,05	0,00	2,82	997,18
21	998,02	1,98	1,05	−0,03	3,00	997,00
22	997,80	2,20	1,05	−0,05	3,20	996,80
23	997,57	2,43	1,04	−0,08	3,39	996,61
24	997,33	2,67	1,04	−0,10	3,61	996,39
25	997,08	2,92	1,03	−0,13	3,82	996,18
26	996,82	3,18	1,03	−0,15	4,06	995,94
27	996,55	3,45	1,03	−0,18	4,30	995,70
28	996,27	3,73	1,02	−0,20	4,55	995,45
29	995,98	4,02	1,02	−0,23	4,81	995,19
30	995,68	4,32	1,01	−0,25	5,08	994,92
31	995,37	4,63	1,01	−0,28	5,36	994,64
32	995,06	4,94	1,01	−0,30	5,65	994,35
33	994,73	5,27	1,00	−0,33	5,94	994,06
34	994,40	5,60	1,00	−0,35	6,25	993,75
35	994,06	5,94	0,99	−0,38	6,55	993,45

Tableau 14

Calculs des résultats des dosages volumétriques *

1 ml de solution titrante titre $N_S E_X$ mg de substance à analyser (N_S est la normalité de la solution titrante**, E_X est le poids équivalent de la substance à doser). Si g est une prise d'essai de substance consommée au cours du dosage à analyser en mg, V est le volume de solution titrante, le pourcentage de substance à doser x est égal à

$$x = \frac{V N_S E_X \cdot 100}{g}$$

A. Titrages acide-base (acidimétrie et alcalimétrie)

Les substances utilisées pour le titrage et les concentrations de leurs solutions normales :

a) *acides*

Formule	HCl	H_2SO_4	HNO_3	$H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$
Concentration de la solution 1 N (g/l)	36,461	49,039	63,0129	63,0333

b) *bases*

Formule	NaOH	KOH	$Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$
Concentration de la solution 1 N (g/l)	39,9972	56,109	157,74

Substance à doser	$\frac{E}{M}$ *	Poids équivalent E	lg E
Al	1/3	8,99383	95 394
B (titrage de H_3BO_3 avec de la phénolphtaléine en présence de mannite ou de glycérine)	1	10,811	03 387

* M est la masse moléculaire.

* Sur le mode d'utilisation du *Tableau 14* voir pp. 553-559.

** Dans le *Tableau 14* (et dans tous les autres d'ailleurs) le symbole s au bas de la lettre N correspond aux solutions titrantes, le symbole x dans E_x, aux solutions titrées de substance à doser.

Tableau 14 (suite)

Substance à doser	$\frac{E}{M^*}$	Poids équivalent E	lg E
$Ba(OH)_2$	1/2	85,675	93 285
$Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$	1/2	157,74	19 794
CO_2	1/2	22,0050	34 252
CO_3	1/2	30,0047	47 719
CH_3COO^-	1	59,0450	77 118
$CaCO_3$	1/2	50,045	69 936
$Ca(HCO_3)_2$	1/2	81,057	90 879
CaO	1/2	28,040	44 778
$Ca(OH)_2$	1/2	37,047	56 875
H_3BO_3 (avec de la phénolphtaléine en présence de mannite ou de glycérine)	1	61,833	79 122
HBr	1	80,912	90 801
$HCHO_2$ (formique)	1	46,0259	66 300
$HC_2H_3O_2$ (acétique)	1	60,0530	77 853
$H_2C_4H_4O_4$ (succinique)	1/2	59,045	77 118
$H_2C_4H_4O_6$ (tartrique)	1/2	75,0445	87 532
$H_3C_6H_5O_7$ (citrique)	1/3	64,0420	80 646
$H_3C_6H_5O_7 \cdot H_2O$	1/3	70,0473	84 539
$HC_7H_5O_2$ (benzoïque)	1	122,125	08 680
$H_2C_2O_4$ (oxalique)	1/2	45,0179	65 339
$H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$	1/2	63,0333	79 957
HCl	1	36,461	56 183
$HClO_4$	1	100,459	00 199
HF	1	20,0064	30 117
HI	1	127,9124	10 691
HIO_3	1	175,9106	24 529
HNO_3	1	63,0129	79 943

* *M* est la masse moléculaire.

Tableau 14 (suite)

Substance à doser	$\frac{E}{M}$*	Poids équivalent E	lg E
H_3PO_4 (avec de l'orange de méthyle, ou du jaune de méthyle ou du bleu de bromocrésol) ...	1	97,9953	99 121
H_3PO_4 (avec de la phénolphtaléine ou du bleu de thymol en présence de NaCl)	1/2	48,9977	69 018
H_3PO_4 (avec de la phénolphtaléine en présence de $CaCl_2$)	1/3	32,6651	51 408
H_3PO_4 (titrage du précipité de phosphomolybdate)	1/23	4,2607	62 948
H_2SO_4	1/2	49,039	69 054
K_2CO_3 (avec du bleu de thymol ou de la phénolphtaléine)	1	138,213	14 055
K_2CO_3 (avec du jaune de méthyle, ou de l'orange de méthyle, ou du bleu de bromophénol ou du bleu de bromocrésol)	1/2	69,107	83 952
$KHCO_3$	1	100,119	00 052
$KHC_4H_4O_6$ .... (hydrotartrate)	1	188,183	27 458
$KHC_8H_4O_4$ .... (hydrophtalate)	1	204,229	31 012
$KH(IO_3)_2$	1	389,915	59 097
KOH	1	54,109	74 903
Li_2CO_3 (avec du bleu de thymol ou de la phénolphtaléine)	1	73,887	86 857
Li_2CO_3 (avec du jaune de méthyle, ou de l'orange de méthyle, ou du bleu de bromophénol ou du bleu de bromocrésol)	1/2	36,944	56 754
$MgCO_3$	1/2	42,157	62 487
MgO	1/2	20,152	30 432
N (d'après Kjeldahl)	1	14,0067	14 634
6,25 N (« protéine »)	—	87,5419	94 222
6,37 N (« caséine »)	—	89,2227	95 048

* M est la masse moléculaire.

Tableau 14 (suite)

Substance à doser	$\frac{E}{M^*}$	Poids équivalent E	lg E
5,55 N (« gélatine »)	—	77,7372	89 063
NH_3	1	17,0306	23 123
NH_4^+	1	18,0386	25 620
NH_4Cl	1	53,492	72 829
$(NH_4)_2SO_4$	1/2	66,070	82 000
Na [titrage avec de la base et de la phénolphtaléine du précipité de $NaZn(UO_2)_3(C_2H_3O_2)_9 \cdot 6H_2O$	1/10	2,29898	36 154
$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	1/2	190,69	28 033
Na_2CO_3 (avec du bleu de thymol ou de la phénolphtaléine)	1	105,9890	02 526
Na_2CO_3 (avec du jaune de méthyle, ou de l'orange de méthyle, ou du bleu de bromophénol ou du bleu de bromocrésol)	1/2	52,9945	72 423
$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$	1/2	143,071	15 555
$NaHCO_3$	1	84,0071	92 432
NaOH	1	39,9972	60 203
P (titrage du précipité de phosphomolybdate)	1/23	1,3467	12 927
PO_4^{3-} (titrage du précipité de phosphomolybdate)	1/23	4,1292	61 587

* M est la masse moléculaire.

B. Dosages d'oxydo-réduction (permanganatométrie, chromatométrie, iodométrie, bromatométrie, cérimétrie, etc.)

Les substances utilisées pour le titrage et les concentrations de leurs solutions normales :

a) *oxydants*

Formule	$KMnO_4$	$Ce(NH_4)_4(SO_4)_4 \cdot 2H_2O$	$Ce(SO_4)_2 \cdot 4H_2O$
Concentration de la solution 1 N (g/l)	31,6075	632,55	404,30

Tableau 14 (suite)

Formule	I_2	$KBrO_3$	$K_2Cr_2O_7$
Concentration de la solution 1 N (g/l)	126,9044	27,835	49,032
Formule	KIO_3	$Ca(ClO)_2$	NH_4VO_3
Concentration de la solution 1 N (g/l)	35,6674	35,745	116,979

b) *réducteurs*

Formule	$Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$	$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$
Concentration de la solution 1 N (g/l)	248,18	392,14	278,02
Formule	$C_6H_8O_6$ (acide ascorbique)		$Hg_2(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$
Concentration de la solution 1 N (g/l)	88,064		280,61

Substance à doser	$\frac{E}{M}$ *	Poids équivalent E	lg E
Al (après la précipitation par l'oxyquinoléine)	1/12	2,24846	35 189
As ($As^{3+} \rightleftarrows As^{5+}$)	1/2	37,46080	57 358
Ba (après la précipitation sous forme de $BaCrO_4$)	1/3	45,780	66 068
Bi (après la précipitation par l'oxyquinoléine)	1/12	17,4150	24 092
Br	1	79,904	90 257
BrO_3^-	1/6	21,3170	32 873
C_6H_5OH (selon Koppeschaar) (phénol)	1/6	15,6857	19 550
CN^- (titrage avec l'iode et selon Schulek)	1/2	13,00895	11 424
Ca (après la précipitation sous forme de CaC_2O_4)	1/2	20,040	30 190
Cd (après la précipitation par l'oxyquinoléine)	1/8	14,050	14 768
Ce (après la précipitation par l'oxyquinoléine)	1/12	11,677	06 733
Cl (actif)	1	35,453	54 965

* M est la masse moléculaire.

Tableau 14 (suite)

Substance à doser	$\frac{E}{M}$*	Poids équivalent E	lg E
Cl_2	1/2	35,453	54 965
ClO^-	1/2	25,726	41 037
ClO_3^-	1/6	13,9035	14 312
Co [après la précipitation sous forme de $K_3Co(NO_2)_6$]	1/11	5,3576	72 897
Co (après la précipitation par l'oxyquinoléine)	1/8	7,3667	86 727
$Cr(Cr_2O_7^{2-} \rightarrow 2Cr^{3+})$	1/3	17,3320	23 885
CrO_4^{2-}	1/3	38,6647	58 731
$Cr_2O_7^{2-}$	1/6	35,9980	55 628
Cu (titrage avec l'iodate)	1	63,546	80 309
Cu (titrage avec le permanganate du précipité de CuSCN)	1/6	10,5910	02 494
Cu (après la précipitation par l'oxyquinoléine)	1/8	7,9433	90 000
$Fe(Fe^{3+} \rightleftarrows Fe^{2+})$	1	55,847	14 700
Fe (après la précipitation par l'oxyquinoléine)	1/12	4,6539	66 782
$Fe(CN)_6[Fe(CN)_6^{3-} \rightarrow Fe(CN)_6^{4-}]$	1	211,954	32 624
$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$	1	392,14	59 344
FeO	1	71,846	85 640
Fe_2O_3	1/2	79,846	90 225
$FeSO_4$	1	151,91	18 159
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	1	278,02	44 408
Ga (après la précipitation par l'oxyquinoléine)	1/12	5,810	76 418
HCN (titrage avec l'iode et selon Schulek)	1/2	13,5129	13 075
$H_2C_2O_4$ (oxalique)	1/2	45,0180	65 339
$H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$	1/2	63,0333	79 957
HI	1	127,9124	10 691
HNO_2	1/2	23,5068	37 119
H_2O_2	1/2	17,0074	23 064
H_2S (titrage avec l'iode)	1/2	17,040	23 147

* M est la masse moléculaire.

Tableau 14 (suite)

Substance à doser	$\frac{E}{M}$ *	Poids équivalent E	lg E
H_2S (titrage avec le bromate et permanganate)	1/8	4,2600	62 941
HSCN (titrage avec le permanganate)	1/6	9,8483	99 336
HSCN (titrage avec l'iode selon Rupp et Schiedd)	1/8	7,3863	86 843
H_2SO_3	1/2	41,039	61 320
H_2SO_4 (en utilisant le chromate de baryum)	1/3	32,693	51 445
I	1	126,9044	10 348
I^- (après l'oxydation en iode par le nitrite)	1	126,9044	10 348
I^- (après l'oxydation en IO_3^- par le brome)	1/6	21,1507	32 533
IO_3^-	1/6	29,1504	46 464
In (après la précipitation par l'oxyquinoléine)	1/12	9,5682	98 083
$KBrO_3$	1/6	27,834	44 458
$KClO_3$	1/6	20,426	31 018
K_2CrO_4	1/3	64,733	81 113
$K_2Cr_2O_7$	1/6	49,032	69 048
$K_3Fe(CN)_6$	1	329,26	51 754
$K_4Fe(CN)_6$	1	368,36	56 627
$K_4Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$	1	422,41	62 573
$KH(IO_3)_2$	1/12	32,4929	51 179
KIO_3	1/6	35,6674	55 227
$KMnO_4$	1/5	31,6075	49 979
KNO_2	1/2	42,554	62 894
Mg (après la précipitation par l'oxyquinoléine)	1/8	3,0381	48 260
Mn (par la méthode au bismuthate)	1/5	10,9876	04 090
Mn (par la méthode de Volhard)	3/10	16,4814	21 699
Mn (par la méthode de Ford-Williams ou Hampe)	1/2	27,4690	43 884

* M est la masse moléculaire.

Tableau 14 (suite)

Substance à doser	$\frac{E}{M}$*	Poids équivalent E	lg E
Mn (après la précipitation par l'oxyquinoléine)	1/8	6,5782	81 811
MnO_2 dans la pyrolusite (traitement par $FeSO_4$-$KMnO_4$)	1/2	43,4685	63 817
Mo (titrage avec l'iode)	1	95,94	98 200
Mo (après la réduction par le zinc)	1/3	31,980	50 488
Mo (après la précipitation par l'oxyquinoléine)	1/8	11,993	07 893
NH_2OH	1/2	16,5131	21 783
NO_2^-	1/2	23,0028	36 178
Na [dissolution du précipité $NaZn(UO_2)_3 \cdot (C_2H_3O_2)_9 \cdot 6H_2O$, réduction par le zinc et titrage]	1/6	3,8316	58 338
$Na_2C_2O_4$	1/2	67,000	82 607
NaClO	1/2	37,221	57 079
$NaNO_2$	1/2	34,4977	53 779
$Na_2S(S^{2-} \rightarrow S^0)$	1/2	39,022	59 131
Na_2SO_3	1/2	63,021	79 949
$Na_2S_2O_3$	1	158,11	19 896
$Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$	1	248,18	39 477
Nb	1/2	46,453	66 701
Nb (empir.)	—	49,9	69 810
Ni (après la précipitation par l'oxyquinoléine)	1/8	7,339	86 564
O (« oxygène actif »)	1/2	7,9997	90 307
O_3	1/2	23,9991	38 019
P (titrage du précipité de phosphomolybdate avec le permanganate après la réduction par le zinc)	1/36	0,8638	93 469
Pb (après la précipitation de PbC_2O_4)	1/2	103,595	01 534
Pb (après la précipitation de $PbCrO_4$)	1/3	69,063	83 925

* M est la masse moléculaire.

Tableau 14 (suite)

Substance à doser	$\frac{E}{M^*}$	Poids équivalent E	lg E
Pb (après la précipitation par l'oxyquinoléine)	1/8	25,899	41 328
$S(S^{2-}-S^0)$	1/2	16,032	20 499
$S(S^{2-}\rightarrow SO_4^{2-})$	1/8	4,008	60 293
SCN^- (titrage avec le permanganate)	1/6	9,6803	98 589
SCN^- (titrage avec l'iode selon Rupp et Schiedd)	1/8	7,2603	86 095
SO_2	1/2	32,032	50 558
SO_3^{2-}	1/2	40,031	60 240
SO_4^{2-} (en utilisant le chromate de baryum)	1/3	32,021	50 543
$S_2O_3^{2-}(2S_2O_3^{2-}\rightarrow S_4O_6^{2-})$	1	112,13	04 972
$S_2O_3^{2-}(S_2O_3^{2-}\rightarrow 2SO_4^{2-})$	1/8	14,016	14 662
Sb $(Sb^{3+}\rightarrow Sb^{5+})$	1/2	60,875	78 444
Sb (après la précipitation par l'oxyquinoléine)	1/12	10,146	00 629
Sn $(Sn^{2+}\rightarrow Sn^{4+})$	1/2	59,345	77 338
Th (après la précipitation par l'oxyquinoléine)	1/16	14,502	16 143
Ti	1	47,90	68 034
Ti (après la précipitation par l'oxyquinoléine)	1/8	5,988	77 728
$U(U^{4-}\rightarrow UO_2^{2+})$	1/2	119,015	07 560
U (après la précipitation par l'oxyquinoléine)	1/12	19,836	29 745
$V(VO^{2+}\rightarrow VO_3^-)$	1	50,942	70 708
V (après la précipitation par l'oxyquinoléine)	1/8	6,368	80 400
Zn (après la précipitation par l'oxyquinoléine)	1/8	8,171	91 228
Zr (après la précipitation par l'oxyquinoléine)	1/16	5,701	75 595

* M est la masse moléculaire.

Tableau 14 (suite)

C. Méthodes de précipitation et de formation des complexes*

Les substances utilisées pour le titrage et les concentrations de leurs solutions normales :

Formule	$AgNO_3$	$Hg(NO_3)_2 \cdot H_2O$	KSCN	NaCl
Concentration de la solution 1 N (g/l)	169,873	171,31	97,184	58,443
Formule	NH_4SCN	$Hg_2(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$	K_2CrO_4	
Concentration de la solution 1 N (g/l)	76,120	280,61	97,099	

Substance à doser	$\frac{E}{M^*}$	Poids équivalent *E*	lg *E*
Ag	1	107,868	03 289
$AgNO_3$	1	169,873	23 012
Ba (par titrage direct de K_2CrO_4)	1/2	68,670	83 677
Br^-	1	79,904	90 257
CN^- (selon Mohr, Volhard, Fajans)	1	26,0179	41 527
CN^- (selon Liebig, Dénigès)	2	52,0357	71 630
Cl^-	1	35,453	54 965
F^- (après la précipitation sous forme de PbClF)	1	18,9984	27 872
HBr	1	80,912	90 801
HCN (selon Mohr, Volhard, Fajans)	1	27,0258	43 178
HCN (selon Liebig, Dénigès)	2	54,0516	73 281
HCl	1	36,461	56 183
HI	1	127,9124	10 691
HSCN (selon Volhard)	1	59,090	77 151
Hg (avec du rhodanate)	1/2	100,295	00 128
I	1	126,9044	10 348
KBr	1	119,006	07 557
KCN (selon Mohr, Volhard, Fajans)	1	65,120	81 371

* *M* est la masse moléculaire.

* Méthodes de titrage par la complexone III, voir « D », p. 155.

Tableau 14 (suite)

Substance à doser	$\frac{E}{M^*}$	Poids équivalent E	lg E
KCN (selon Liebig, Dénigès)	2	130,240	11 474
KCl	1	74,555	87 248
KI	1	166,006	22 012
NH_4Cl	1	53,492	72 829
NaBr	1	102,894	01 239
NaCl	1	58,443	76 673
NaI	1	149,8942	17 578
SCN^- (selon Volhard)	1	58,082	76 404

* M est la masse moléculaire.

D. Méthodes de titrage par la complexone III

(éthylènediamine-tétraacétate de sodium, EDTA, trilon B)

Les substances utilisées pour le titrage et les concentrations de leurs solutions normales (moléculaires) :

Formule	$Na_2H_2C_{10}H_{12}O_8N_2$	$Na_2H_2C_{10}H_{12}O_8N_2 \cdot 2H_2O$
Concentration de la solution 1 N (1 M) (g/l)	336,211	372,242

Substance à doser	$\frac{E}{M^*}$	Poids équivalent E	lg E
Ag [après l'addition de $K_2Ni(CN)_4$]	2	215,736	33 392
Al	1	26,9815	43 106
As (sous forme de $MgNH_4AsO_4$)	1	74,9216	87 461
AsO_4^{3-} (sous forme de $MgNH_4AsO_4$)	1	138,9192	14 276
Ba	1	137,34	13 780
Bi	1	208,980	32 010
Br (en utilisant AgBr)	2	159,808	20 360

* M est la masse moléculaire.

Tableau 14 (suite)

Substance à doser	$\frac{E}{M^*}$	Poids équivalent E	lg E
CN^- (après l'addition du sel de Ni^{2+})	4	104,0714	01 733
Ca	1	40,08	60 293
Cd	1	112,40	05 077
Ce	1	140,12	14 650
Cl (en utilisant AgCl)	2	70,906	85 068
Co	1	58,9332	77 036
Cr	1	51,996	71 597
Cu	1	63,546	80 309
F (après l'addition du sel de Ca^{2+})	2	37,9968	57 974
F (en utilisant PbClF)	1	18,9984	27 872
Fe	1	55,847	74 700
Ga	1	69,72	84 336
Hg	1	200,59	30 231
I (en utilisant AgI)	2	253,8088	40 451
In	1	114,82	06 002
Ir	1	192,2	28 375
K [sous forme de $NaK_2Co(NO_2)_6$]	2	78,204	89 323
La	1	138,91	14 273
Mg	1	24,305	38 570
Mn	1	54,9381	73 987
Mo (sous forme de $CaMoO_4$)	1	95,94	98 200
Na [sous forme de $NaZn(UO_2)\cdot(C_2H_3O_2)_9\cdot 6H_2O$]	1	22,9898	36 154
Ni	1	58,71	76 781
P (sous forme de $MgNH_4PO_4$)	1	30,9738	49 099
PO_4^{3-} (sous forme de $MgNH_4PO_4$)	1	94,9714	97 759
Pb	1	207,19	31 637
Pd [après l'addition de $K_2Ni(CN)_4$]	1	106,4	02 694

* M est la masse moléculaire.

Tableau 14 (suite)

Substance à doser	$\frac{E}{M}$ *	Poids équivalent E	lg E
Pt [après l'addition de $K_2Ni(CN)_4$]	1	195,09	29 024
S (sous forme de $BaSO_4$)	1	32,064	50 602
SCN^- (en utilisant AgSCN)	2	116,16	06 506
SO^{2-} (sous forme de $BaSO_4$)	1	96,062	98 255
Sn (II)	1	118,69	07 441
Sr	1	87,62	94 260
Th	1	232,038	36 556
Ti	1	47,90	68 034
Tl	1	204,37	31 042
U	2	476,06	67 766
V (IV)	1	50,942	70 708
W (sous forme de $CaWO_4$)	1	183,85	26 446
Zn	1	65,37	81 538
Zr	1	91,22	96 009

* M est la masse moléculaire.

Tableau 15

Réactifs dissimulants dans le titrage par la complexone III

Réactif dissimulant	*p*H	Indicateur (méthode)	Ions dissimulés	Ions titrés
Acide ascorbique	2,5	Violet de pyrocatéchol	Cu^{2+}, Hg^{2+}, Fe^{3+}	Bi^{3+}, Th^{4+}
Acide ascorbique+ +KCN	10	Noir Eriochrome T	Fe^{3+} et tous les ions dissimulés par KCN	Mn^{2+}, Pb^{2+}, Mg^{2+}, Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}
Acide ascorbique+ +KI ou acide ascorbique +KSCN	5-6	PAN*	Cu^{2+}, Hg^{2+}	Zn^{2+}
Dimercaptopropanol-2,3 (dithiopropanol, dimercaprol, BAL)	10	Noir Eriochrome T	Hg^{2+}, Cd^{2+}, Zn^{2+}, Pb^{2+}, Bi^{3+}, Ag^{+}, As^{3+}, Sb^{3+}, Sn^{IV} (Cu^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}, Mn^{3+} et Fe^{3+} seulement en quantités minimes, car leurs complexes avec le réactif dissimulant sont fortement colorés)	Ca^{2+}, Mg^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+} (Mn^{2+} en présence d'hydroxylamine et d'éthanolamine)

Diéthyldithiocarbamate	10	Noir Eriochrome T	Hg^{2+}, Pb^{2+}, Cu^{2+}, Pd^{2+}, Bi^{3+}	Zn^{2+}, Mn^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}, Mg^{2+}, Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}
Ion iodure	5-6	PAN*	Hg^{2+}, Cu^{2+}, Tl^{3+}	Zn^{2+}
Acide formique ou formol	2,5	Violet de pyrocatéchol	Hg^{2+}	Bi^{3+}, Th^{IV}
Ion oxalate	2	Violet de pyrocatéchol	Sn^{2+}, (T.R.$^{3+}$) **	Bi^{3+}
Pentanedione-2,4	7	Titrage potentiométrique	Al^{3+}, UO_2^{2+}	La^{3+}, (T. R.$^{3+}$) **, Zn^{2+}
Pentanedione-2,4 + + ion citrate	7	Titrage potentiométrique	Al^{3+}, Th^{IV}	Zn^{2+}
Eau oxygénée	10	Noir Eriochrome T	Ti^{IV}, UO^{2+}	Zn^{2+}, Mg^{2+}
Acide sulfosalycilique	4,5	Titrage potentiométrique	UO_2^{2+}, Al^{3+}	(T. R.$^{3+}$) **, Y^{3+}, Th^{IV}
Ion tartrate	5-6	PAN*	UO_2^{2+}, Sb^{3+}	Zn^{2+}, Cd^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}, Cu^{2+}, (T. R.$^{3+}$) **

* PAN ou le (pyridyl-2-azo)-1-naphtol-2.
** T. R. ou les terres rares (lanthanides, Y et Sc).

Tableau 15 (suite)

Réactif dissimulant	pH	Indicateur (méthode)	Ions dissimulés	Ions titrés
Ion tartrate	7	Titrage potentiométrique	Mo^{IV}, Nb^{V}, Sb^{3+}, W^{VI}, UO_2^{2+}	Zn^{2+}, Cd^{2+}, Cu^{2+}, Hg^{2+}, Pb^{2+}
Thiomalate	3	Violet de pyrocatéchol	Fe^{3+}, Bi^{3+}	Th^{IV}
Thio-urée	5-6	PAN*	Cu^{2+}, Hg^{2+}	Zn^{2+}
Thiosemicarbazide	5	PAN*	Cu^{2+}, Hg^{2+}	Zn^{2+}, Cd^{2+}, Pb^{2+}
Ion thiosulfate	6	PAN*	Cu^{2+}	Zn^{2+}, Cd^{2+}, Ni^{2+}
Triéthanolamine	10 11-12	Noir Eriochrome T Murexide	Al^{3+}, Fe^{3+}, Sn^{IV} Al^{3+}, Fe^{3+}, (Mn^{III})	Mg^{2+}, Zn^{2+}, Cd^{2+}, [Mn^{2+} en présence d'acide ascorbique, Pb^{2+} et (T. R.$^{2+}$) **], Ca^{2+}, Ni^{2+}
Unithiol (dimercapto-2,3-propanesulfonate de sodium)	10-11	Noir Eriochrome T	Zn^{2+}, Cd^{2+}, Hg^{2+}, Pb^{2+}, Sn^{2+}, Sn^{IV}, As^{III}, As^{V}, Sb^{III}, Sb^{V}, Bi^{3+}, Ag^{+}	Ca^{2+}, Mg^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}

Ion fluorure	6	PAN *	Be^{2+}, Nb^{V}, Ta^{V}, Ti^{IV}	Cu^{2+}, Zn^{2+}
Ion fluorure	6	Violet de pyrocatéchol	Al^{3+}, Ti^{IV}	Cu^{2+}, (Fe^{3+} par titrage en retour)
Ion fluorure	10	Noir Eriochrome T	Al^{3+}, Mg^{2+}, Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+} (T. R.$^{3+}$) **	Zn^{2+}, Cd^{2+}, Mn^{2+}, (Ni^{2+} et Co^{2+} par titrage en retour)
Ion cyanure	10	Noir Eriochrome T	Cu^{2+}, Co^{2+}, Hg^{2+}, Ni^{2+}, Zn^{2+}, Cd^{2+}, Pt^{2+}, Pd^{2+}, Ag^{+}, Tl^{3+}. L'addition du formaldéhyde ou du chloral hydraté démasque Cd^{2+} et Zn^{2+}	Ca^{2+}, Mg^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}, Pb^{2+}, Mn^{2+}, In^{3+}, (T. R.$^{3+}$) **, Ga^{3+}
Ion citrate	5-6	PAN *	UO_2^{2+}, Th^{IV}, Zr^{IV}, Sn^{2+}	Zn^{2+}
Ion citrate	7	Titrage potentiométrique	UO_2^{2+}, Th^{IV}, Zr^{IV}, Sb^{3+}, Ti^{IV}, Nb^{V}, Ta^{V}, No^{VI}, W^{VI}, Be^{2+}, Fe^{3+}, Cr^{3+}	Cd^{2+}, Cu^{2+}, Hg^{2+}, Pb^{2+}, Zn^{2+}, Y^{3+}

* PAN ou le (pyridyl-2-azo)-1-naphtol-2.
** T. R. ou les terres rares (lanthanides, Y et Sc).

Tableau 16

Calcul des résultats des dosages gazométriques *

Si l'analyse de telle ou telle substance consiste à obtenir un gaz dont on cherche à mesurer le volume, il faudra ramener ce volume aux conditions normales de température (0 °C) et de pression (760 mm Hg) afin d'effectuer les calculs ultérieurs.

Trois cas y sont possibles.

1. Le gaz sec est recueilli au-dessus du mercure

On trouve le volume de gaz rapporté aux conditions normales (V_0) d'après la formule approchée, mais suffisamment précise :

$$V_0 = V \frac{P_0}{(1+\alpha t)760} = VF$$

où V est le volume de gaz mesuré ;
t, la température du gaz ;
α, 0,003670 ;
P_0, l'indication du baromètre ramenée à 0 °C.

On a :

$$F = \frac{P_0}{(1+\alpha t)760}$$

La valeur de P_0 est trouvée à partir de la formule

$$P_0 = \left(P_t - \frac{1}{8} t'\right) \text{ mm Hg}$$

où P_t est l'indication du baromètre observée ;
t', la température du mercure dans le baromètre (on mesure la température de l'air au voisinage immédiat du baromètre).

On a :

$$\lg V_0 = \lg V + \lg F$$

Les valeurs de lg F pour les diverses valeurs de t et F_0 sont indiquées pp. 164-180.

2. Le gaz est recueilli au-dessus de l'eau

Dans ce cas il importe non seulement d'apporter dans l'indication du baromètre observée la correction de température du mercure, mais aussi de soustraire la pression (tension) de vapeur d'eau à la température t :

$$P_0 = P_t - \frac{1}{8} t' - P_e$$

---

* Sur le mode d'utilisation du *Tableau 16* voir p. 559.

Tableau 16 (suite)

La quantité P_e est la pression de vapeur d'eau à la température correspondante du gaz recueilli au-dessus de l'eau (voir p. 181).

3. Le gaz est recueilli au-dessus d'une solution de KOH ou d'une solution saturée de NaCl

En ce cas il faut soustraire de la valeur de P_t celle de la pression de vapeur d'eau au-dessus d'une solution aqueuse absorbante :

$$P_0=P_t-\frac{1}{8}t'-P_e$$

Les valeurs de P_e pour les solutions aqueuses sont données p. 181.

Si le gaz recueilli est le constituant dont le pourcentage dans une substance analysée est à déterminer, il faudra, pour trouver la masse de ce gaz, multiplier le volume mesuré V_0 par ϱ, la densité de ce gaz ramenée aux conditions normales ; alors le pourcentage de constituant cherché (x) sera égal à

$$x=\frac{V_0\cdot\varrho\cdot 100}{g}$$

où g est la prise d'essai de substance à analyser.

Les valeurs correspondantes de la masse de 1 l de gaz en grammes ou de 1 ml en milligrammes et leurs logarithmes sont donnés pp. 182-184.

Si, d'après la masse de gaz recueilli, on cherche à calculer le pourcentage de constituant d'une substance à analyser dégageant ce gaz, il faudra multiplier la masse trouvée par la valeur de f'. Les valeurs de f', qui représentent le produit du facteur de conversion par la densité du gaz, sont données pp. 184-185.

Le facteur de conversion est défini en tenant compte de la réaction engendrant du gaz à mesurer. Ainsi, en dosant Al d'après la quantité de H_2 dégagé, on trouve que 1 atome Al correspond à 3 atomes H :

$$f'=\frac{\mathrm{Al}}{(3\mathrm{H})\cdot(\varrho_\mathrm{H})}+\frac{\mathrm{Al}\varrho_\mathrm{H}}{3\mathrm{H}}=\frac{26{,}982\cdot 0{,}08988}{3\cdot 1{,}0080}=0{,}8020$$

où Al est la masse atomique de Al ;
H, la masse atomique de H ;
ϱ_H, la densité de H_2 indiquée pp. 182-184.

Ainsi, le pourcentage de constituant cherché (x) est déterminé à partir de la formule

$$x=\frac{V_0 f'\cdot 100}{g} \quad \text{ou} \quad x=\frac{VFf'\cdot 100}{g}$$

Tableau 16 (suite)

A. Volume de gaz ramené aux conditions normales

Température (°C)	Indication du baromètre P_0 (mm Hg)						
	660	661	662	663	664	665	666
	Logarithme du facteur F						
5	93 083	93 149	93 214	93 280	93 345	93 410	93 476
6	92 927	92 993	93 058	93 134	93 189	93 254	93 320
7	92 771	92 837	92 903	92 969	93 034	93 099	93 164
8	92 616	92 682	92 748	92 814	92 879	92 944	93 009
9	92 462	92 528	92 593	92 659	92 724	92 789	92 855
10	92 308	92 373	92 439	92 505	92 570	92 635	92 701
11	92 154	92 220	92 286	92 352	92 417	92 482	92 547
12	92 001	92 067	92 133	92 199	92 264	92 329	92 394
13	91 849	91 914	91 980	92 046	92 111	92 176	92 242
14	91 697	91 762	91 828	91 894	91 959	92 024	92 090
15	91 546	91 612	91 677	91 743	91 808	91 873	91 939
16	91 395	91 461	91 526	91 592	91 657	91 722	91 788
17	91 245	91 311	91 376	91 442	91 507	91 572	91 638
18	91 095	91 161	91 226	91 292	91 357	91 422	91 488
19	90 946	91 011	91 077	91 143	91 208	91 273	91 339
20	90 797	90 862	90 928	90 994	91 059	91 124	91 190
21	90 649	90 714	90 780	90 846	90 911	90 976	91 042
22	90 501	90 567	90 632	90 698	90 763	90 828	90 894
23	90 354	90 420	90 485	90 551	90 616	90 681	90 747
24	90 207	90 273	90 338	90 404	90 469	90 534	90 600
25	90 061	90 127	90 192	90 258	90 323	90 388	90 454
26	89 915	89 980	90 046	90 112	90 177	90 242	90 308
27	89 770	89 836	89 901	89 967	90 032	90 097	90 163
28	89 625	89 690	89 756	89 822	89 887	89 952	90 018
29	89 481	89 547	89 612	89 678	89 743	89 808	89 874
30	89 337	89 403	89 469	89 534	89 600	89 665	89 730
31	89 194	89 260	89 326	89 391	89 457	89 522	89 587
32	89 051	89 117	89 183	89 248	89 314	89 379	89 444
33	88 909	88 975	88 041	89 106	89 172	89 237	89 302
34	88 767	88 833	88 899	88 964	89 030	89 095	89 160

Parties proportionnelles

	66	154	148	142
1	6,6	15,4	14,8	14,2
2	13,2	30,8	29,6	28,4
3	19,8	46,2	44,4	42,6
4	26,4	61,6	59,2	56,8
5	33,0	77,0	74,0	71,0
6	39,6	92,4	88,8	85,2
7	46,2	107,8	103,6	99,4
8	52,8	123,2	118,4	113,6
9	59,4	138,6	133,2	127,8

Tableau 16 (suite)

Température (°C)	Indication du baromètre P_0 (mm Hg) 667	668	669	670	671	672	673
	Logarithme du facteur *F*						
5	93 541	93 606	93 671	93 736	93 801	93 866	93 931
6	93 385	93 450	93 515	93 580	93 645	93 710	93 775
7	93 229	93 294	93 359	93 425	93 490	93 554	93 619
8	93 074	93 139	93 205	93 270	93 339	93 399	93 464
9	92 920	92 985	93 050	93 115	93 180	93 244	93 309
10	92 766	92 831	92 896	92 961	93 026	93 090	93 155
11	92 612	92 677	92 742	92 807	92 872	92 937	93 062
12	92 459	92 524	92 589	92 654	92 719	92 784	92 849
13	92 307	92 372	92 437	92 502	92 567	92 631	92 696
14	92 155	92 220	92 285	92 350	92 415	92 479	92 544
15	92 004	92 069	92 134	92 199	92 264	92 328	92 393
16	91 854	91 918	91 983	92 048	92 113	92 174	92 242
17	91 703	91 768	91 833	91 898	91 963	92 027	92 092
18	91 553	91 618	91 683	91 748	91 813	91 877	91 942
19	91 404	91 469	91 533	91 599	91 664	91 728	91 793
20	91 255	91 320	91 385	91 450	91 515	91 579	91 644
21	91 107	91 172	91 237	91 302	91 367	91 431	91 496
22	90 959	91 024	91 089	91 154	91 219	91 283	91 348
23	90 812	90 877	90 942	91 007	91 072	91 136	91 201
24	90 665	90 730	90 795	90 860	90 925	90 989	91 054
25	90 519	90 584	90 649	90 714	90 779	90 843	90 908
26	90 373	90 438	90 503	90 568	90 633	90 697	90 762
27	90 228	90 293	90 358	90 423	90 488	90 552	90 617
28	90 083	90 148	90 213	90 278	90 343	90 407	90 472
29	89 939	90 004	90 069	90 134	90 199	90 263	90 328
30	89 796	89 861	89 926	89 990	90 055	90 120	90 185
31	89 653	89 718	89 783	89 847	89 912	89 977	90 042
32	89 510	89 575	89 640	89 704	89 769	89 834	89 899
33	89 368	89 433	89 498	89 562	89 627	89 692	89 757
34	89 226	89 291	89 356	89 420	89 485	89 550	89 615

Parties proportionnelles

	65
1	6,5
2	13,0
3	19,5
4	26,0
5	32,5
6	39,0
7	45,5
8	52,0
9	58,5

	151
1	15,1
2	30,2
3	45,3
4	60,4
5	75,5
6	90,6
7	105,7
8	120,8
9	135,9

	145
1	14,5
2	29,0
3	43,5
4	58,0
5	72,5
6	87,0
7	101,5
8	116,0
9	130,5

Tableau 16 (suite)

Température (°C)	Indication du baromètre P_0 (mm Hg) 674	675	676	677	678	679	680
	Logarithme du facteur *F*						
5	93 995	94 060	94 124	94 188	94 252	94 316	94 380
6	93 839	93 904	93 968	94 032	94 096	94 160	94 224
7	93 683	93 748	93 812	93 876	93 940	94 004	94 068
8	93 528	93 593	93 657	93 721	93 785	93 849	93 913
9	93 373	93 438	93 502	93 566	93 630	93 694	93 758
10	93 219	93 284	93 348	93 412	93 476	93 540	93 604
11	93 066	93 131	93 195	93 259	93 323	93 387	93 451
12	92 913	92 978	93 042	93 106	93 170	93 234	93 298
13	92 761	92 826	92 889	92 954	93 018	93 082	93 145
14	92 609	92 674	92 737	92 802	92 866	92 930	92 993
15	92 458	92 522	92 586	92 651	92 715	92 779	92 842
16	92 307	92 371	92 435	92 500	92 564	92 628	92 691
17	92 156	92 221	92 285	92 349	92 413	92 478	92 541
18	92 006	92 071	92 135	92 199	92 263	92 327	92 391
19	91 857	91 922	91 986	92 050	92 114	92 178	92 242
20	91 708	91 773	91 837	91 901	91 965	92 029	92 093
21	91 560	91 625	91 689	91 753	91 817	91 881	91 945
22	91 412	91 477	91 541	91 605	91 669	91 733	91 797
23	91 265	91 330	91 394	91 458	91 522	91 586	91 650
24	91 118	91 183	91 247	91 311	91 375	91 439	91 503
25	90 972	91 037	91 101	91 165	91 229	91 293	91 357
26	90 826	90 891	90 955	91 019	91 083	91 147	91 211
27	90 681	90 746	90 810	90 874	90 938	91 002	91 066
28	90 536	90 601	90 665	90 729	90 793	90 857	90 911
29	90 392	90 457	90 521	90 585	90 649	90 713	90 777
30	90 249	90 313	90 378	90 442	90 506	90 570	90 634
31	90 106	90 170	90 235	90 299	90 363	90 427	90 491
32	89 963	90 027	90 092	90 156	90 220	90 284	90 348
33	89 821	89 885	89 950	90 014	90 078	90 142	90 206
34	89 679	89 743	89 808	89 872	89 936	90 000	90 064

Parties proportionnelles

	64	154	148	142
1	6,4	15,4	14,8	14,2
2	12,8	30,8	29,9	28,4
3	19,2	46,2	44,4	42,6
4	25,6	61,6	59,2	56,8
5	32,0	77,0	74,0	71,0
6	38,4	92,4	88,8	85,2
7	44,8	107,8	103,6	99,4
8	51,2	123,2	118,4	113,2
9	57,6	138,6	133,2	127,8

Tableau 16 (suite)

Température (°C)	Indication du baromètre P_0 (mm Hg) 681	682	683	684	685	686	687
			Logarithme du facteur F				
5	94 444	94 507	94 571	94 634	94 698	94 761	94 825
6	94 288	94 351	94 415	94 478	94 544	94 605	94 669
7	94 132	94 195	94 259	94 323	94 387	94 449	94 513
8	93 977	94 040	94 104	94 168	94 232	94 294	94 358
9	93 822	93 886	93 950	94 013	94 077	94 140	94 203
10	93 668	93 732	93 796	93 859	93 923	93 986	94 049
11	93 515	93 578	93 644	93 705	93 769	93 832	93 896
12	93 362	93 425	93 489	93 552	93 616	93 679	93 743
13	93 209	93 273	93 337	93 400	93 464	93 527	93 590
14	93 057	93 121	93 185	93 248	93 312	93 375	93 438
15	92 906	92 970	93 034	93 097	93 161	93 224	93 287
16	92 755	92 819	92 883	92 946	93 010	93 073	93 136
17	92 605	92 669	92 733	92 796	92 860	92 923	92 986
18	92 455	92 519	92 583	92 646	92 710	92 773	92 836
19	92 306	92 370	92 434	92 497	92 561	92 624	92 687
20	92 157	92 221	92 285	92 348	92 412	92 475	92 538
21	92 009	92 073	92 137	92 200	92 264	92 327	92 390
22	91 861	91 925	91 989	92 052	92 116	92 179	92 242
23	91 714	91 778	91 842	91 905	91 969	92 032	92 095
24	91 567	91 631	91 695	91 758	91 822	91 885	91 948
25	91 421	91 485	91 549	91 612	91 676	91 739	91 802
26	91 275	91 339	91 403	91 466	91 530	91 593	91 656
27	91 130	91 194	91 258	91 321	91 385	91 448	91 511
28	90 975	91 049	91 113	91 176	91 240	91 303	91 366
29	90 841	90 905	90 969	91 032	91 096	91 159	91 222
30	90 698	90 761	90 825	90 889	90 952	91 015	91 079
31	90 555	90 618	90 682	90 746	90 809	90 872	90 936
32	90 412	90 475	90 539	90 603	90 666	90 729	90 793
33	90 270	90 333	90 397	90 461	90 524	90 587	90 651
34	90 128	90 191	90 255	90 319	90 382	90 445	90 509

Parties proportionnelles

	63	151	145
1	6,3	15,1	14,5
2	12,6	30,2	29,0
3	18,9	45,3	43,5
4	25,2	60,4	58,0
5	31,5	75,5	72,5
6	37,8	90,6	87,0
7	44,1	105,7	101,5
8	50,4	120,8	116,0
9	56,7	135,9	130,5

Tableau 16 (suite)

Température (°C)	Indication du baromètre P_0 (mm Hg)						
	688	689	690	691	692	693	694
	Logarithme du facteur F						
5	94 888	94 951	95 014	95 077	95 139	95 202	95 265
6	94 732	94 795	94 858	94 921	94 983	95 046	95 109
7	94 576	94 639	94 702	94 765	94 828	94 891	94 953
8	94 421	94 484	94 547	94 610	94 673	94 736	94 798
9	94 266	94 329	94 392	94 455	94 518	94 581	94 643
10	94 112	94 175	94 238	94 301	94 364	94 427	94 489
11	93 959	94 022	94 085	94 148	94 210	94 273	94 336
12	93 806	93 869	93 932	93 995	94 057	94 120	94 183
13	93 653	93 719	93 779	93 842	93 905	93 968	94 030
14	93 501	93 564	93 627	93 690	93 753	93 816	93 878
15	93 350	93 413	93 476	93 539	93 602	93 665	93 727
16	93 199	93 262	93 325	93 389	93 451	93 514	93 576
17	93 049	93 112	93 175	93 228	93 301	93 364	93 426
18	92 899	92 962	93 025	93 088	93 151	93 214	93 276
19	92 750	92 813	92 876	92 939	93 002	93 065	93 127
20	92 601	92 664	92 727	92 790	92 853	92 916	92 979
21	92 453	92 516	92 579	92 642	92 705	92 768	92 830
22	92 305	92 368	92 431	92 494	92 557	92 620	92 682
23	92 158	92 221	92 284	92 347	92 410	92 473	92 535
24	92 011	92 074	92 137	92 200	92 263	92 326	92 388
25	91 865	91 928	91 991	92 054	92 117	92 180	92 242
26	91 719	91 782	91 845	91 908	91 971	92 034	92 096
27	91 574	91 637	91 700	91 763	91 826	91 889	91 951
28	91 429	91 492	91 555	91 618	91 681	91 744	91 806
29	91 285	91 348	91 411	91 474	91 537	91 600	91 662
30	91 142	91 205	91 268	91 331	91 394	91 456	91 519
31	90 999	91 061	91 125	91 188	91 251	91 313	91 376
32	90 856	90 919	90 982	91 045	91 108	91 170	91 233
33	90 714	90 777	90 840	90 903	90 966	91 028	91 091
34	90 572	90 635	90 698	90 761	90 824	90 886	90 949

Parties proportionnelles

	63	154	148	142
1	6,3	15,4	14,8	14,2
2	12,6	30,8	29,6	28,4
3	18,9	46,2	44,4	42,6
4	25,2	61,6	59,2	56,8
5	31,5	77,0	74,0	71,0
6	37,8	92,4	88,8	85,2
7	44,1	107,6	101,6	99,4
8	50,4	123,2	118,5	113,2
9	56,7	138,6	133,2	127,8

Tableau 16 (suite)

Température (°C)	Indication du baromètre P_e (mm Hg) 695	696	697	698	699	700	701
	Logarithme du facteur F						
5	95 328	95 390	95 452	95 514	95 577	95 639	95 701
6	95 172	95 234	95 296	95 358	95 421	95 483	95 545
7	95 015	95 078	95 140	95 203	95 265	95 327	95 389
8	94 861	94 923	94 986	95 048	95 110	95 172	95 234
9	94 706	94 768	94 831	94 893	94 955	95 017	95 079
10	94 552	94 614	94 677	94 739	94 801	94 863	94 925
11	94 399	94 461	94 524	94 585	94 648	94 710	94 772
12	94 246	94 308	94 370	94 432	94 495	94 557	94 619
13	94 093	94 155	94 218	94 280	94 342	94 404	94 466
14	93 941	94 003	94 066	94 128	94 190	94 252	94 314
15	93 790	93 852	93 915	93 977	94 039	94 101	94 163
16	93 639	93 701	93 764	93 826	93 888	93 950	94 012
17	93 489	93 551	93 614	93 676	93 738	93 800	93 862
18	93 339	93 401	93 464	93 526	93 588	93 650	93 712
19	93 190	93 252	93 315	93 377	93 439	93 501	93 563
20	93 041	93 103	93 166	93 228	93 290	93 352	93 414
21	92 893	92 955	93 018	93 080	93 142	93 204	93 266
22	92 745	92 807	92 870	92 932	92 994	93 056	93 118
23	92 598	92 660	92 723	92 785	92 847	92 909	92 975
24	92 451	92 513	92 576	92 638	92 700	92 762	92 824
25	92 305	92 367	92 430	92 492	92 554	92 616	92 678
26	92 159	92 221	92 284	92 346	92 408	92 470	92 532
27	92 014	92 076	92 139	92 201	92 263	92 325	92 387
28	91 869	91 931	91 994	92 056	92 118	92 180	92 242
29	91 725	91 787	91 850	91 912	91 974	92 036	92 098
30	91 581	91 644	91 706	91 769	91 831	91 893	91 955
31	91 438	91 501	91 563	91 626	91 688	91 750	91 812
32	91 295	91 358	91 420	91 483	91 545	91 607	91 669
33	91 153	91 216	91 278	91 341	91 403	91 465	91 527
34	91 011	91 074	91 136	91 199	91 261	91 323	91 385

Parties proportionnelles

	62
1	6,2
2	12,4
3	18,6
4	24,8
5	31,0
6	37,2
7	43,4
8	49,6
9	55,8

	151
1	15,1
2	30,2
3	45,3
4	60,4
5	75,5
6	90,6
7	105,4
8	120,8
9	135,9

	145
1	14,5
2	29,0
3	43,5
4	58,0
5	72,5
6	87,0
7	101,0
8	116,0
9	130,5

Tableau 16 (suite)

Température (°C)	Indication du baromètre P_0 (mm Hg)						
	702	703	704	705	706	707	708
	Logarithme du facteur *F*						
5	95 763	95 825	95 886	95 948	96 009	96 071	96 132
6	95 606	95 668	95 730	95 792	95 859	95 915	95 976
7	95 451	95 513	95 574	95 636	95 698	95 759	95 820
8	95 296	95 358	95 419	95 481	95 543	95 604	95 665
9	95 141	95 203	95 265	95 327	95 388	95 450	95 511
10	94 987	95 049	95 111	95 173	95 234	95 296	95 357
11	94 834	94 896	94 957	95 019	95 080	95 142	95 203
12	94 681	94 743	94 804	94 866	94 927	94 989	95 050
13	94 528	94 590	94 652	94 718	94 775	94 837	94 898
14	94 376	94 438	94 500	94 562	94 623	94 685	94 746
15	94 225	94 287	94 349	94 411	94 472	94 534	94 595
16	94 074	94 136	94 198	94 260	94 321	94 383	94 444
17	93 924	93 986	94 048	94 110	94 171	94 233	94 294
18	93 774	93 836	93 898	93 960	94 021	94 083	94 144
19	93 625	93 687	93 749	93 811	93 872	93 934	93 995
20	93 476	93 538	93 600	93 662	93 723	93 785	93 846
21	93 328	93 390	93 452	93 514	93 575	93 637	93 698
22	93 180	93 242	93 304	93 366	93 427	93 489	93 550
23	93 033	93 095	93 157	93 219	93 280	93 342	93 403
24	92 886	92 948	93 010	93 072	93 133	93 195	93 256
25	92 740	92 802	92 864	92 926	92 987	93 049	93 110
26	92 594	92 656	92 718	92 780	92 841	92 903	92 964
27	92 449	92 511	92 573	92 635	92 696	92 759	92 819
28	92 304	92 366	92 428	92 490	92 551	92 613	92 674
29	92 160	92 222	92 284	92 346	92 407	92 469	92 530
30	92 017	92 079	92 140	92 202	92 263	92 325	92 386
31	91 874	91 936	91 997	92 059	92 120	92 182	92 243
32	91 731	91 793	91 854	91 916	91 977	92 039	92 100
33	91 589	91 651	91 712	91 774	91 835	91 897	91 958
34	91 447	91 509	91 570	91 632	91 693	91 755	91 816

Parties proportionnelles

	62	154	148	142
1	6,2	15,4	14,8	14,2
2	12,4	30,8	29,6	28,4
3	18,6	46,2	44,4	42,6
4	24,8	61,6	59,2	56,8
5	31,0	77,0	74,0	71,0
6	37,2	92,4	88,8	85,2
7	43,4	107,8	103,6	99,4
8	49,6	123,2	118,4	113,6
9	55,8	138,6	133,2	127,8

Tableau 16 (suite)

Température (°C)	Indication du baromètre P_0 (mm Hg)							Parties proportionnelles
	709	710	711	712	713	714	715	
	Logarithme du facteur *F*							
5	96 194	96 255	96 316	96 377	96 438	96 499	96 560	
6	96 038	96 099	96 160	96 221	96 282	96 343	96 404	
7	95 882	95 943	96 004	96 065	96 126	96 187	96 248	
8	95 727	95 788	95 849	95 910	95 971	96 032	96 093	61
9	95 572	95 633	95 694	95 755	95 816	95 877	95 938	1 6,1 2 12,2 3 18,3 4 24,4 5 30,5 6 36,6 7 42,7 8 48,8 9 54,9
10	95 418	95 479	95 540	95 601	95 662	95 723	95 784	
11	95 265	95 326	95 387	95 448	95 509	95 570	95 631	
12	95 112	95 173	95 234	95 295	95 356	95 417	95 478	
13	94 959	95 020	95 082	95 143	95 204	95 264	95 325	
14	94 807	94 868	94 930	94 991	95 052	95 112	95 173	
15	94 656	94 717	94 778	94 839	94 900	94 961	95 022	
16	94 505	94 566	94 627	94 688	94 749	94 810	94 871	
17	94 355	94 416	94 478	94 538	94 599	94 660	94 721	151
18	94 205	94 266	94 327	94 388	94 449	94 510	94 571	1 15,1 2 30,2 3 45,3 4 60,4 5 75,5 6 90,6 7 105,7 8 120,8 9 135,9
19	94 056	94 117	94 178	94 239	94 300	94 361	94 422	
20	93 907	93 968	94 029	94 090	94 151	94 212	94 273	
21	93 759	93 820	93 881	93 942	94 003	94 064	94 125	
22	93 611	93 672	93 734	93 795	93 856	93 916	93 977	
23	93 464	93 525	93 586	93 648	93 709	93 769	93 830	
24	93 317	93 378	93 440	93 501	93 562	93 622	93 683	
25	93 171	93 232	93 294	93 355	93 416	93 476	93 537	
26	93 025	93 086	93 148	93 209	93 270	93 330	93 391	145
27	92 880	92 941	93 003	93 064	93 125	93 185	93 246	1 14,5 2 29,0 3 43,5 4 58,0 5 72,5 6 87,0 7 101,5 8 116,0 9 130,5
28	92 735	92 796	92 858	92 919	92 980	93 040	93 101	
29	92 591	92 652	92 713	92 774	92 835	92 896	92 957	
30	92 448	92 509	92 570	92 631	92 692	92 753	92 814	
31	92 305	92 366	92 427	92 488	92 549	92 610	92 671	
32	92 162	92 223	92 284	92 345	92 406	92 467	92 528	
33	92 020	92 081	92 142	92 203	92 264	92 325	92 386	
34	91 878	91 939	90 200	92 061	92 122	92 183	92 244	

Tableau 16 (suite)

Température (°C)	Indication du baromètre P_0 (mm Hg)						
	716	717	718	719	720	721	722
	Logarithme du facteur *F*						
5	96 620	96 680	96 741	96 802	96 862	96 922	96 983
6	96 464	96 525	96 585	96 646	96 706	96 767	96 827
7	96 308	96 369	96 429	96 490	96 500	96 611	96 671
8	96 153	96 214	96 274	96 335	96 395	96 456	96 516
9	95 999	96 060	96 120	96 181	96 241	96 301	96 361
10	95 845	95 906	95 966	96 027	96 087	96 147	96 207
11	95 691	95 752	95 812	95 873	95 933	95 994	96 054
12	95 538	95 599	95 659	95 720	95 780	95 841	95 901
13	95 386	95 447	95 507	95 568	95 628	95 688	95 748
14	95 234	95 295	95 355	95 416	95 476	95 536	95 596
15	95 083	95 144	95 204	95 265	95 325	95 385	95 445
16	94 932	94 993	95 053	95 114	95 174	95 234	95 394
17	94 782	94 843	94 903	94 964	95 024	95 084	95 144
18	94 632	94 693	94 753	94 814	94 874	94 934	94 994
19	94 483	94 544	94 604	94 665	94 725	94 785	94 845
20	94 334	94 395	94 455	94 516	94 576	94 636	94 696
21	94 186	94 247	94 307	94 368	94 428	94 488	94 548
22	94 038	94 099	94 159	94 220	94 280	94 340	94 400
23	93 891	93 952	94 012	94 073	94 133	94 193	94 253
24	93 744	93 805	93 865	93 926	93 986	94 046	94 106
25	93 598	93 659	93 719	93 780	93 840	93 900	93 960
26	93 452	93 513	93 573	93 634	93 694	93 754	93 814
27	93 307	93 368	93 428	93 489	93 549	93 609	93 669
28	93 162	93 223	93 288	93 344	93 404	93 464	93 524
29	93 018	93 079	93 139	93 199	93 259	93 320	93 380
30	92 874	92 935	92 995	93 056	93 116	93 177	93 237
31	92 731	92 792	92 852	92 913	92 973	93 034	93 094
32	92 588	92 649	92 709	92 770	92 830	92 891	92 951
33	92 446	92 507	92 567	92 628	92 688	92 749	92 809
34	92 304	92 365	92 425	92 486	92 546	92 607	92 667

Parties proportionnelles

	61	154	148	142
1	6,1	15,4	14,8	14,2
2	12,2	30,8	29,6	28,4
3	18,3	46,2	44,4	42,6
4	24,4	61,6	59,2	56,8
5	30,5	77,0	74,0	71,0
6	36,6	92,4	88,8	85,2
7	42,7	107,8	103,6	99,4
8	48,8	123,2	118,4	113,6
9	54,9	138,6	133,2	127,8

Tableau 16 (suite)

Température (°C)	Indication du baromètre P_0 (mm Hg) 723	724	725	726	727	728	729
	Logarithme du facteur F						
5	97 043	97 103	97 163	97 223	97 283	97 342	97 402
6	96 887	96 947	97 007	97 067	97 127	97 186	97 246
7	96 731	96 791	96 851	96 911	96 971	97 030	97 090
8	96 576	96 636	96 696	96 756	96 816	96 875	96 935
9	96 421	96 481	96 541	96 601	96 661	96 721	96 781
10	96 267	96 327	96 387	96 447	96 507	96 567	96 637
11	96 114	96 174	96 234	96 294	96 354	96 413	96 473
12	95 961	96 021	96 081	96 141	96 201	96 260	96 320
13	95 808	95 868	95 928	95 988	96 048	96 108	96 168
14	95 656	95 716	95 776	95 836	95 896	95 956	96 016
15	95 505	95 565	95 625	95 685	95 475	95 805	95 865
16	95 354	95 414	95 474	95 534	95 594	95 654	95 714
17	95 204	95 264	95 324	95 384	95 444	95 514	95 564
18	95 054	95 114	95 174	95 234	95 294	95 354	95 414
19	94 905	94 965	95 025	95 085	95 145	95 205	95 265
20	94 756	94 816	94 876	94 936	94 996	95 056	95 116
21	94 608	94 668	94 728	94 788	94 848	94 908	94 968
22	94 460	94 520	94 580	94 640	94 700	94 760	94 820
23	94 313	94 373	94 433	94 493	94 553	94 613	94 673
24	94 166	94 226	94 286	94 346	94 406	94 466	94 526
25	94 020	94 080	94 140	94 200	94 260	94 320	94 380
26	93 874	93 934	93 994	94 054	94 114	94 174	94 234
27	93 729	93 789	93 849	93 909	93 969	94 029	94 089
28	93 584	93 644	93 704	93 764	93 824	93 885	93 944
29	93 440	93 500	93 569	93 620	93 680	93 740	93 800
30	93 297	93 357	93 417	93 477	93 536	93 596	93 656
31	93 154	93 214	93 274	93 334	93 393	93 453	93 513
32	93 011	93 071	93 131	93 191	93 250	93 310	93 370
33	92 869	92 929	92 989	93 049	93 108	93 168	93 228
34	92 727	92 787	92 847	92 907	92 966	93 026	93 086

Parties proportionnelles

	60
1	6,0
2	12,0
3	18,0
4	24,0
5	30,0
6	36,0
7	42,0
8	48,0
9	54,0

	151
1	15,1
2	30,2
3	45,3
4	60,4
5	75,5
6	90,6
7	105,7
8	120,8
9	135,9

	145
1	14,5
2	29,0
3	43,5
4	58,0
5	72,5
6	87,0
7	101,5
8	116,0
9	130,5

Tableau 16 (suite)

Température (°C)	Indication du baromètre P_0 (mm Hg)						
	730	731	732	733	734	735	736
	Logarithme du facteur *F*						
5	97 461	97 521	97 580	97 640	97 699	97 758	97 817
6	97 305	97 365	97 424	97 484	97 543	97 602	97 661
7	97 149	97 209	97 268	97 328	97 387	97 446	97 505
8	96 994	97 054	97 113	97 173	97 232	97 291	97 350
9	96 840	96 899	96 958	97 018	97 077	97 136	97 195
10	96 686	96 745	96 804	96 864	96 923	96 982	97 041
11	96 532	96 592	96 651	96 711	96 770	96 829	96 888
12	96 379	96 439	96 498	96 558	96 617	96 676	96 735
13	96 227	96 287	96 346	96 406	96 465	96 524	96 583
14	96 075	96 135	96 194	96 253	96 312	96 371	96 430
15	95 924	95 984	96 043	96 102	96 161	96 220	96 279
16	95 773	95 833	95 892	95 951	96 010	96 069	96 128
17	95 623	95 683	95 742	95 801	95 860	95 919	95 978
18	95 473	95 533	95 592	95 651	95 710	95 769	95 828
19	95 324	95 384	95 443	95 502	95 561	95 620	95 679
20	95 175	95 235	95 294	95 353	95 412	95 471	95 530
21	95 027	95 086	95 145	95 205	95 264	95 323	95 382
22	94 879	94 939	94 998	95 057	95 116	95 175	95 234
23	94 732	94 791	94 850	94 910	94 969	95 028	95 087
24	94 585	94 645	94 704	94 763	94 822	94 881	94 940
25	94 439	94 498	94 557	94 617	94 676	94 735	94 794
26	94 293	94 353	94 412	94 471	94 530	94 589	94 648
27	94 148	94 208	94 267	94 336	94 385	94 444	94 503
28	94 003	94 063	94 122	94 181	94 240	94 299	94 358
29	93 859	93 918	93 977	94 037	94 096	94 155	94 214
30	93 715	93 775	93 834	93 893	93 953	94 012	94 071
31	93 572	93 632	93 691	93 750	93 810	93 869	93 928
32	93 429	93 489	93 548	93 607	93 667	93 726	93 785
33	93 287	93 347	93 406	93 465	93 525	93 584	93 643
34	93 145	93 205	93 264	93 323	93 383	93 442	93 501

Parties proportionnelles

	59	154	148	142
1	5,9	15,4	14,8	14,2
2	11,8	30,8	29,6	28,4
3	17,7	46,2	44,4	42,6
4	23,6	61,6	59,2	56,8
5	29,5	77,0	74,0	71,0
6	35,4	92,4	88,8	85,2
7	41,3	107,8	103,6	99,4
8	47,2	123,2	118,4	113,6
9	53,1	138,6	133,2	127,8

Tableau 16 (suite)

Température (°C)	Indication du baromètre P_0 (mm Hg)							Parties proportionnelles
	737	738	739	740	741	742	743	
	Logarithme du facteur *F*							
5	97 876	97 935	97 994	98 052	98 111	98 170	98 222	
6	97 720	97 779	97 838	97 896	97 955	98 013	98 078	
7	97 564	97 623	97 682	97 740	97 799	97 857	97 916	
8	97 409	97 468	97 527	97 585	97 644	97 702	97 761	59
9	97 254	97 313	97 372	97 431	97 490	97 548	97 607	1 5,9
10	97 100	97 159	97 218	97 277	97 336	97 394	97 453	2 11,8 3 17,7 4 23,6
11	96 947	97 006	97 065	97 123	97 182	97 240	97 299	5 29,5
12	96 794	96 853	96 912	96 970	97 029	97 087	97 146	6 35,4 7 41,3
13	96 642	96 701	96 760	96 818	96 877	96 935	96 994	8 47,2
14	96 489	96 548	96 607	96 666	96 725	96 783	96 842	9 53,1
15	96 338	96 397	96 456	96 515	96 574	96 632	96 691	
16	96 187	96 246	96 305	96 364	96 423	96 481	96 540	
17	96 037	96 096	96 155	96 214	96 273	96 331	96 390	115
18	95 887	95 946	96 005	96 064	96 123	96 181	96 240	1 15,1
19	95 738	95 797	95 856	95 915	95 974	96 032	96 091	2 30,2 3 45,3 4 60,4
20	95 589	95 648	95 707	95 766	95 825	95 883	95 942	5 75,5 6 90,6
21	95 441	95 500	95 559	95 618	95 677	95 735	95 794	7 105,7
22	95 293	95 352	95 411	95 470	95 529	95 587	95 646	8 120,8
23	95 146	95 205	95 264	95 323	95 382	95 440	95 499	9 135,9
24	94 999	95 058	95 117	95 176	95 235	95 293	95 352	
25	94 753	94 912	94 971	95 030	95 089	95 147	95 206	
26	94 707	94 766	94 825	94 884	94 943	95 001	95 060	145
27	94 562	94 621	94 680	94 739	94 798	94 856	94 915	1 14,5 2 29,0
28	94 417	94 476	94 535	94 594	94 653	94 711	94 770	3 43,5
29	94 273	94 332	94 391	94 449	94 508	94 567	94 626	4 58,0 5 72,5 6 87,0
30	94 130	94 189	94 247	94 306	94 365	94 423	94 482	7 101,5
31	93 987	94 046	94 104	94 163	94 222	94 280	94 339	8 116,0
32	93 844	93 903	93 961	94 020	94 079	94 137	94 196	9 130,5
33	93 702	93 761	93 819	93 878	93 937	93 995	94 054	
34	93 560	93 619	93 677	93 736	93 795	93 853	93 912	

Tableau 16 (suite)

Température (°C)	Indication du baromètre P_0 (mm Hg)						
	744	745	746	747	748	749	750
	Logarithme du facteur F						
5	98 286	98 345	98 403	98 461	98 519	98 577	98 635
6	98 130	98 189	98 247	98 305	98 363	98 421	98 479
7	97 974	98 033	98 091	98 149	98 207	98 265	98 323
8	97 819	97 878	97 936	97 994	98 052	98 110	98 168
9	97 665	97 724	97 781	97 839	97 898	97 956	98 013
10	97 511	97 569	97 627	97 686	97 344	97 802	97 859
11	97 357	97 416	97 474	97 532	97 590	97 648	97 706
12	97 204	97 263	97 321	97 379	97 437	97 495	97 553
13	97 052	97 110	97 168	97 227	97 285	97 343	97 401
14	96 900	96 959	97 017	97 075	97 133	97 191	97 249
15	96 749	96 807	96 865	96 924	96 982	97 040	97 098
16	96 598	96 656	96 714	96 773	96 831	96 889	96 947
17	96 448	96 506	96 564	96 622	96 680	96 738	96 796
18	96 298	96 356	96 414	96 472	96 530	96 588	96 646
19	96 149	96 207	96 265	96 323	96 381	96 439	96 497
20	96 000	96 058	96 116	96 174	96 232	96 290	96 348
21	95 852	95 910	95 968	96 026	96 034	96 142	96 200
22	95 705	95 763	95 821	95 879	95 937	95 995	96 053
23	95 558	95 616	95 674	95 732	95 790	95 848	95 906
24	95 411	95 469	95 527	95 585	95 643	95 701	95 759
25	95 264	95 322	95 380	95 439	95 497	95 555	95 613
26	95 118	95 176	95 234	95 293	95 351	95 409	95 467
27	94 973	95 031	95 089	95 148	95 206	95 264	95 322
28	94 828	94 886	94 944	95 003	95 061	95 119	95 177
29	94 684	94 742	94 800	94 858	94 916	94 974	95 032
30	94 540	94 599	94 657	94 715	94 773	94 831	94 889
31	94 397	94 456	94 514	94 572	94 630	94 688	94 746
32	94 254	94 313	94 371	94 429	94 487	94 545	94 603
33	94 112	94 171	94 229	94 287	94 345	94 403	94 461
34	93 970	94 029	94 087	94 145	94 203	94 261	94 319

Parties proportionnelles

	58	154	148	142
1	5,8	15,4	14,8	14,2
2	11,6	30,8	29,6	28,4
3	17,4	46,2	44,4	42,6
4	23,2	61,6	59,2	56,8
5	29,0	77,0	74,0	71,0
6	34,8	92,7	88,8	85,2
7	40,6	107,0	103,6	99,4
8	46,4	128,2	118,4	113,6
9	52,5	138,6	133,2	127,8

Tableau 16 (suite)

Température (°C)	Indication du baromètre P_0 (mm Hg)						
	751	752	753	754	755	756	757
	Logarithme du facteur F						
5	98 693	98 751	98 809	98 866	98 924	98 981	99 039
6	98 537	98 595	98 653	98 710	98 768	98 825	98 883
7	98 381	98 439	98 497	98 554	98 612	98 669	98 727
8	98 226	98 284	98 342	98 399	98 457	98 514	98 572
9	98 071	98 129	98 187	98 244	98 302	98 360	98 417
10	97 917	97 975	98 033	98 090	98 148	98 206	98 263
11	97 764	97 822	97 880	97 937	97 995	98 052	98 110
12	97 611	97 669	97 727	97 784	97 842	97 899	97 957
13	97 459	97 516	97 574	97 632	97 690	97 747	97 805
14	97 307	97 364	97 422	97 480	97 538	97 595	97 653
15	97 156	97 213	97 271	97 329	97 387	97 444	97 501
16	97 005	97 062	97 120	97 178	97 236	97 293	97 350
17	96 854	96 912	96 970	97 028	97 086	97 143	97 200
18	96 704	96 762	96 820	96 878	96 936	96 993	97 050
19	96 555	96 613	96 671	96 729	96 787	96 844	96 901
20	96 406	96 464	96 522	96 580	96 638	96 695	96 752
21	96 258	96 316	96 374	96 432	96 490	96 547	96 604
22	96 111	96 168	96 226	96 284	96 342	96 399	96 456
23	95 964	96 021	96 079	96 137	96 195	96 252	96 309
24	95 817	95 874	95 932	95 990	96 048	96 105	96 162
25	95 671	95 728	95 786	95 844	95 902	95 959	96 016
26	95 525	95 582	95 640	95 698	95 756	95 813	95 870
27	95 380	95 437	95 495	95 553	95 611	95 668	95 725
28	95 235	95 292	95 350	95 408	95 466	95 523	95 580
29	95 090	95 148	95 206	95 263	95 321	95 378	95 436
30	94 947	95 005	95 062	95 120	95 178	95 235	95 293
31	94 804	94 862	94 919	94 977	95 035	95 092	95 150
32	94 661	94 719	94 776	94 834	94 892	94 949	95 007
33	94 519	94 577	94 634	94 692	94 750	94 807	94 865
34	94 377	94 435	94 492	94 550	94 608	94 665	94 723

Parties proportionnelles

	58
1	5,8
2	11,6
3	17,4
4	23,2
5	29,0
6	34,8
7	40,6
8	46,4
9	52,2

	151
1	15,1
2	30,2
3	45,3
4	60,4
5	75,5
6	90,6
7	105,7
8	120,8
9	135,9

	145
1	14,5
2	29,0
3	43,5
4	58,0
5	72,5
6	87,0
7	101,5
8	116,0
9	130,5

Tableau 16 (suite)

Température (°C)	Indication du baromètre P_0 (mm Hg) 758	759	760	761	762	763	764
	Logarithme du facteur *F*						
5	99 096	99 153	99 210	99 267	99 324	99 381	99 438
6	98 940	98 997	99 054	99 111	99 168	99 225	99 282
7	98 784	98 841	98 898	98 956	99 013	99 070	99 126
8	98 629	98 636	98 743	98 801	98 858	98 915	98 971
9	98 474	98 531	98 589	98 646	98 703	98 760	98 817
10	98 320	98 377	98 435	98 492	98 549	98 606	98 663
11	98 167	98 224	98 281	98 338	98 395	98 452	98 509
12	98 014	98 071	98 128	98 185	98 242	98 299	98 356
13	97 862	97 919	97 976	98 033	98 090	98 147	98 204
14	97 710	97 767	97 824	97 881	97 938	97 995	98 052
15	97 558	97 615	97 683	97 730	97 787	97 844	97 901
16	97 407	97 464	97 522	97 579	97 636	97 693	97 750
17	97 257	97 315	97 372	97 429	97 486	97 543	97 600
18	97 107	97 165	97 222	97 279	97 336	97 393	97 450
19	96 958	97 016	97 083	97 130	97 187	97 244	97 301
20	96 809	96 867	96 924	96 981	97 038	97 095	97 152
21	96 661	96 719	96 776	96 833	96 890	96 947	97 004
22	96 513	96 571	96 628	96 685	96 742	96 799	96 856
23	96 366	96 424	96 481	96 538	96 595	96 652	96 709
24	96 219	96 277	96 334	96 391	96 448	96 505	96 562
25	96 073	96 131	96 188	96 245	96 302	96 359	96 416
26	95 927	95 985	96 042	96 099	96 156	96 213	96 270
27	95 782	95 840	95 897	95 954	96 011	96 068	96 125
28	95 637	95 695	95 752	95 809	95 866	95 923	95 980
29	95 493	95 551	95 608	95 665	95 722	95 779	95 836
30	95 350	95 407	95 464	95 521	95 578	95 635	95 692
31	95 207	95 264	95 321	95 378	95 435	95 492	95 549
32	95 064	95 121	95 178	95 235	95 292	95 349	95 406
33	94 922	94 979	95 036	95 093	95 150	95 207	95 264
34	94 780	94 837	94 894	94 951	95 008	95 065	95 122

Parties proportionnelles

	57	154	148	142
1	5,7	15,4	14,8	14,2
2	11,4	30,8	29,6	28,4
3	17,1	46,2	44,4	42,6
4	22,8	61,6	59,2	56,8
5	28,5	77,0	74,0	71,0
6	34,2	92,4	88,8	85,2
7	39,9	107,8	103,6	99,4
8	45,6	123,2	118,4	113,6
9	51,3	138,6	133,2	127,8

Tableau 16 (suite)

Température (°C)	Indication du baromètre P_0 (mm Hg)						
	765	766	767	768	769	770	771
	Logarithme du facteur *F*						
5	99 495	99 552	99 609	99 665	99 722	99 778	99 834
6	99 339	99 396	99 453	99 509	99 566	99 622	99 678
7	99 183	99 240	99 297	99 353	99 410	99 466	99 523
8	99 028	99 085	99 142	99 198	99 255	99 311	99 368
9	98 874	98 930	98 987	99 043	99 100	99 156	99 213
10	98 720	98 776	98 833	98 889	98 946	99 002	99 059
11	98 566	98 623	98 680	98 736	98 793	98 849	98 906
12	98 413	98 470	98 527	98 583	98 640	98 696	98 753
13	98 261	98 317	98 374	98 431	98 488	98 544	98 600
14	98 109	98 165	98 222	98 279	98 336	98 392	98 448
15	97 958	98 014	98 071	98 128	98 185	98 241	98 297
16	97 807	97 863	97 920	97 977	98 034	98 090	98 146
17	97 657	97 713	97 770	97 827	97 884	97 940	97 996
18	97 507	97 563	97 620	97 677	97 734	97 790	97 846
19	97 358	97 414	97 471	97 528	97 585	97 641	97 697
20	97 209	97 265	97 322	97 379	97 436	97 492	97 548
21	97 061	97 117	97 174	97 231	97 287	97 343	97 406
22	96 913	97 969	97 026	97 083	97 139	97 195	97 252
23	96 766	96 822	96 879	96 936	96 992	97 048	97 105
24	96 619	96 675	96 732	96 789	96 845	96 901	96 958
25	96 473	96 529	96 586	96 643	96 699	96 755	96 812
26	96 327	96 383	96 440	96 497	96 553	96 609	96 666
27	96 182	96 238	96 295	96 352	96 408	96 464	96 521
28	96 037	96 093	96 150	96 207	96 263	96 319	96 367
29	95 893	95 949	96 006	96 062	96 119	96 175	96 232
30	95 749	95 806	95 863	95 919	95 976	96 032	96 088
31	95 606	95 663	95 720	95 776	95 833	95 889	95 945
32	95 463	95 520	95 577	95 633	95 690	95 746	95 802
33	95 321	95 378	95 435	95 491	95 548	95 604	95 660
34	95 179	95 236	95 293	95 349	95 406	95 462	95 518

Parties proportionnelles

	56
1	5,6
2	11,2
3	16,8
4	22,4
5	28,0
6	33,6
7	39,2
8	44,8
9	50,4

	151
1	15,1
2	30,2
3	45,3
4	60,4
5	75,5
6	90,6
7	105,7
8	120,8
9	135,9

	145
1	14,5
2	29,0
3	43,5
4	58,0
5	72,5
6	87,0
7	101,5
8	116,0
9	130,5

Tableau 16 (suite)

Température (°C)	Indication du baromètre P_0 (mm Hg) 772	773	774	775	776	777	778
	Logarithme du facteur *F*						
5	99 890	99 946	00 002	00 058	00 114	00 170	00 226
6	99 734	99 790	99 846	99 902	99 958	00 014	00 070
7	99 579	99 635	99 691	99 747	99 803	99 859	99 914
8	99 424	99 480	99 536	99 592	99 648	99 704	99 759
9	99 269	99 325	99 381	99 437	99 493	99 549	99 605
10	99 115	99 171	99 227	99 283	99 339	99 395	99 451
11	98 962	99 018	99 073	99 129	99 185	99 241	99 297
12	98 809	98 865	98 920	98 976	99 032	99 089	99 144
13	98 656	98 712	98 768	98 824	98 880	98 937	98 992
14	98 504	98 560	98 616	98 672	98 728	98 784	98 840
15	98 353	98 409	98 465	98 521	98 577	98 633	98 689
16	98 202	98 258	98 314	98 370	98 426	98 482	98 538
17	98 052	98 108	98 164	98 220	98 276	98 332	98 388
18	97 902	97 958	98 014	98 070	98 126	98 182	98 238
19	97 753	97 800	97 865	97 921	97 977	98 033	98 089
20	97 604	97 660	97 716	97 772	97 828	97 904	97 940
21	97 456	97 512	97 568	97 624	97 680	97 736	97 792
22	97 308	97 364	97 420	97 476	97 532	97 588	97 644
23	97 161	97 217	97 273	97 329	97 385	97 441	97 497
24	97 014	97 070	97 126	97 182	97 283	97 294	97 350
25	96 868	96 924	96 980	97 036	97 092	97 148	97 204
26	96 722	96 778	96 834	96 890	96 946	97 002	97 058
27	96 577	96 633	96 689	96 745	96 801	96 858	96 913
28	96 432	96 488	96 544	96 600	96 656	96 712	96 768
29	96 288	96 344	96 400	96 456	96 512	96 568	96 624
30	96 145	96 201	96 257	96 313	96 369	96 425	96 481
31	96 002	96 058	96 114	96 170	96 226	96 282	96 338
32	95 859	95 915	95 971	96 027	96 083	96 139	96 195
33	95 717	95 773	95 829	95 885	95 941	95 997	96 053
34	95 575	95 631	95 687	95 743	95 799	95 855	95 911

Parties proportionnelles

	56	154	148	142
1	5,6	15,4	14,8	14,2
2	11,2	30,8	29,6	28,4
3	16,8	46,2	44,4	42,6
4	22,4	61,6	59,2	56,8
5	28,0	77,0	74,0	71,0
6	33,6	92,4	88,8	85,2
7	39,2	107,8	103,6	99,4
8	44,8	123,2	118,4	113,6
9	50,4	138,6	133,2	127,8

Tableau 16 (suite)

B. Pression de vapeur d'eau au-dessus de l'eau et des solutions absorbantes

Température (°C)	Eau	Solution de KOH, concentration en g de KOH dans 100 g d'eau				NaCl, solution saturée	Température (°C)
		10	20	30	40		
	Pression de vapeur d'eau P_e (mm Hg)						
5	6,5	6,1	5,7	5,2	4,6	4,9	5
6	7,0	6,5	6,1	5,6	4,9	5,3	6
7	7,5	7,0	6,5	6,0	5,3	5,7	7
8	8,0	7,5	7,0	6,4	5,7	6,1	8
9	8,6	8,0	7,5	6,8	6,1	6,5	9
10	9,2	8,6	8,0	7,3	6,5	6,9	10
11	9,8	9,2	8,6	7,8	6,9	7,4	11
12	10,5	9,8	9,2	8,3	7,4	7,9	12
13	11,2	10,5	9,8	8,9	7,9	8,5	13
14	12,0	11,2	10,4	9,5	8,4	9,1	14
15	12,8	11,9	11,1	10,1	9,0	9,7	15
16	13,6	12,7	11,8	10,8	9,6	10,3	16
17	14,5	13,6	12,6	11,5	10,2	11,0	17
18	15,5	14,5	13,4	12,3	10,9	11,7	18
19	16,5	15,4	14,3	13,1	11,6	12,4	19
20	17,5	16,4	15,2	13,9	12,4	13,2	20
21	18,7	17,4	16,2	14,8	13,2	14,1	21
22	19,8	18,5	17,2	15,8	14,0	15,0	22
23	21,1	19,7	18,3	16,8	14,9	15,9	23
24	22,4	20,9	19,5	17,8	15,8	16,9	24
25	23,8	22,2	20,7	18,9	16,8	17,9	25
26	25,2	23,6	22,0	20,1	17,9	19,0	26
27	26,7	25,1	23,3	21,3	19,0	20,2	27
28	28,3	26,6	24,7	22,6	20,2	21,4	28
29	30,0	28,1	26,2	23,9	21,4	22,7	29
30	31,8	29,7	27,7	25,3	22,4	24,0	30
31	33,7	31,4	29,3	26,8	23,7	25,3	31
32	35,7	33,3	31,0	28,4	25,2	26,8	32
33	37,7	35,2	32,8	30,0	26,7	28,4	33
34	39,9	37,2	34,7	31,7	28,2	30,0	34

Tableau 16 (suite)

C. Densités des gaz et des vapeurs (ϱ)

(La masse de 1 l de gaz ou de vapeur en grammes ou de 1 ml en milligrammes ramenée aux conditions normales)

Formule	Nom du corps gazeux	ϱ (g/l ou mg/ml)	lg ϱ
Ar	Argon	1,7837	25 132
AsF_5	Fluorure d'arsenic (V)	7,71	88 705
AsH_3	Arséniure d'hydrogène	3,740	57 287
BF_3	Fluorure de bore	3,21	50 650
CF_2Cl_2	Dichlorodifluorométhane (fréon-12)	5,510	74 115
CH_4	Méthane	0,7168	85 540
C_2H_2	Acéthylène (éthyne)	1,173	06 930
C_2H_4	Ethylène (éthène)	1,2604	10 051
C_2H_6	Ethane	1,3566	13 245
C_3H_6	Propylène (propène)	1,937	28 713
C_3H_8	Propane	2,0096	30 311
C_4H_{10}	Butane	2,5190	40 123
C_4H_{10}	Isobutane (méthylpropane)	2,6726	42 693
C_5H_{12}	Pentane	3,457	53 870
C_7H_{16}	Heptane	4,459	64 924
C_8H_{18}	Octane	5,030	70 157
CH_3Cl	Chlorure de méthyle	2,3073	36 310
CH_3F	Fluorure de méthyle	1,5452	18 898
$CHCl_3$	Chloroforme	5,283	72 288
CH_3NH_2	Méthylamine	1,396	14 489
$(CH_3)_2NH$	Diméthylamine	2,089	31 994
$(CH_3)_3N$	Triméthylamine	2,619	41 814
$C_2H_5NH_2$	Ethylamine	2,0141	30 408
CH_3OH	Méthanol (alcool méthylique)	1,426	15 412
C_2H_5OH	Ethanol (alcool éthylique)	2,043	31 027
C_4H_9OH	Butanol (alcool butylique)	3,244	51 108
$(CN)_2$	Cyanogène (dicyanogène)	2,335	36 829
$(CH_3)_2O$	Ether diméthylique	2,1098	32 424
CO	Oxyde de carbone	1,2504	09 705
CO_2	Dioxyde de carbone	1,9769	29 598
$COCl_2$	Oxychlorure de carbone (phosgène)	3,89	58 995
COS	Oxysulfure de carbone	2,721	43 473

Tableau 16 (suite)

Formule	Nom du corps gazeux	ϱ (g/l ou mg/ml)	lg ϱ
Cl_2	Chlore	3,214	50 705
ClO_2	Dioxyde de chlore	3,21	50 651
F_2	Fluor	1,696	22 943
GeH_4	Germaniure d'hydrogène	3,42	53 403
Ge_2H_6	Digermaniure d'hydrogène	7,23	85 914
H_2	Hydrogène	0,08988	95 366
HBr	Bromure d'hydrogène	3,6445	56 164
HCOH	Formaldéhyde	1,34	12 716
HCl	Chlorure d'hydrogène	1,6392	21 463
HF	Fluorure d'hydrogène	0,8940	95 134
HI	Iodure d'hydrogène	5,7891	76 261
H_2O	Vapeur d'eau	0,768	88 536
H_2S	Sulfure d'hydrogène	1,539	18 724
H_2Se	Séléniure d'hydrogène	3,670	56 467
H_2Te	Tellurure d'hydrogène	5,81	76 418
He	Hélium	0,17847	25 157
Kr	Krypton	3,708	56 914
N_2	Azote	1,25055	09 710
—	Air (valeur moyenne)	1,2929	11 156
NH_3	Ammoniac	0,7710	88 705
N_2O	Oxyde nitreux	1,9778	29 618
NO	Oxyde nitrique	1,3402	12 717
NO_2	Dioxyde d'azote	2,055	31 281
NOCl	Chlorure de nitrosyle	2,9919	47 595
NOF	Fluorure de nitrosyle	2,231	34 850
Ne	Néon	0,90035	95 441
O_2	Oxygène	1,42895	15 502
O_3	Ozone	2,144	33 122
OF_2	Fluorure d'oxygène	2,421	38 399
PH_3	Phosphure d'hydrogène	1,5294	18 452
PF_5	Pentafluorure de phosphore	5,805	76 380
PF_3	Trifluorure de phosphore	3,907	59 184
POF_3	Oxyfluorure de phosphore	4,8	68 124
Rn	Radon	9,73	98 811
SF_6	Fluorure de soufre	6,98	84 386
SO_2	Dioxyde de soufre	2,9269	46 641
SO_2F_2	Fluorure de sulfuryle	3,99	60 097

Tableau 16 (suite)

Formule	Nom du corps gazeux	ϱ (g/l ou mg/ml)	lg ϱ
SbH_3	Antimoniure d'hydrogène	5,59	74 741
SiF_4	Tétrafluorosilane	4,684	67 062
SiH_4	Silane (monosilane, silicométhane)	1,44	15 836
Si_2H_6	Disilane (silico-éthane)	2,85	45 484
$SiH_2(CH_3)_2$	Diméthylsilane	2,73	43 616
SiH_3CH_3	Méthylsilane	2,08	31 806
SiH_3Cl	Chlorosilane	3,03	48 144
SiH_2ClCH_3	Méthylchlorosilane	3,64	56 110
$SiHCl_2CH_3$	Méthyldichlorosilane	5,3	72 428
$SiHF_3$	Trifluorosilane	3,86	58 659
WF_6	Fluorure de tungstène	12,9	11 059
Xe	Xénon	5,851	76 723

D. Dosage gazométrique (volumétrique) des substances formant des gaz

Substance à chercher		Gaz mesuré	1 ml de gaz mesuré aux conditions normales correspond à f' mg de substance à chercher	lg f'
Formule	Nom			
Al	Aluminium	H_2	0,8019	90 416
C	Carbone	CO_2	0,53954	73 202
CO_3^{2-}	Ion carbonate	CO_2	2,6956	43 066
$CO(NH_2)_2$	Urée	N_2	2,6809	42 828
CaC_2	Carbure de calcium	C_2H_2	2,8877	46 055
$CaCO_3$	Carbonate de calcium	CO_2	4,4960	65 283
CaF_2	Fluorure de calcium	SiF_4	7,0278	84 682
F	Fluor	SiF_4	3,4200	53 403
Fe	Fer	H_2	2,4899	39 618
HNO_3	Acide nitrique	NO	2,8144	44 939

Tableau 16 (suite)

Substance à chercher		Gaz mesuré	1 ml de gaz mesuré aux conditions normales correspond à f' mg de substance à chercher	$\lg f'$
Formule	Nom			
H_2O_2	Eau oxygénée (traitement avec $KMnO_4$)	O_2	1,5191	18 158
H_2O_2	Eau oxygénée (décomposition catalytique)	O_2	3,0382	48 261
$KMnO_4$	Permanganate de potassium (traitement avec H_2O)	O_2	2,8231	45 073
KNO_3	Nitrate de potassium	NO	4,5159	65 474
Mg	Magnésium	H_2	1,0839	03 500
$MgCO_3$	Carbonate de magnésium	CO_2	3,7877	57 838
N	Azote	NO	0,62560	79 630
NH_4NO_3	Nitrate d'ammonium	NO	3,5751	55 329
NO_3^-	Ion nitrate	NO	2,7694	44 239
N_2O_3	Anhydride nitreux	NO	1,6975	22 981
N_2O_5	Anhydride nitrique	NO	2,4121	38 239
$NaNO_3$	Nitrate de sodium	NO	3,7962	57 935
Ni	Nickel	H_2	2,6175	41 789
Na_2O_2	Peroxyde de sodium	O_2	6,965	84 291
Zn	Zinc	H_2	2,9145	46 456

Tableau 17

Relations entre différents modes d'expression des concentrations

(*d*, la densité de la solution (g/ml) ; M_m, la masse moléculaire du soluté ;

Concentration	A	B
En p.cent (g/100 g de solution, % massiques) $A=$	A	$\frac{100B}{100+B}$
En grammes de soluté par 100 g de solvant $B=$	$\frac{100A}{100-A}$	B
En grammes par 1 l de solution (g/l) $C=$	$10Ad$	$\frac{1000Bd}{100+B}$
Normalité $N=$	$\frac{10Ad}{E}$	$\frac{1000Bd}{(100+B)E}$
Molarité $M=$	$\frac{10Ad}{M_m}$	$\frac{1000Bd}{(100+B)M_m}$
Molalité $L=$	$\frac{1000A}{(100-A)M_m}$	$\frac{10B}{M_m}$

E, le poids équivalent du soluté)

C	N	M	L
$\frac{C}{10d}$	$\frac{NE}{10d}$	$\frac{MM_m}{10}$	$\frac{100LM_m}{1000+LM_m}$
$\frac{100C}{1000d-C}$	$\frac{100NE}{1000d-NE}$	$\frac{100MM_m}{1000d-MM_m}$	$\frac{LM_m}{10}$
C	NE	MM_m	$\frac{1000LM_md}{1000+LM_m}$
$\frac{C}{E}$	N	$\frac{MM_m}{E}$	$\frac{1000LM_m}{(1000+LM_m)E}$
$\frac{C}{M_m}$	$\frac{NE}{M_m}$	M	$\frac{1000Ld}{1000+M_mL}$
$\frac{1000C}{(1000d-C)M_m}$	$\frac{1000NE}{(1000d-NE)M_m}$	$\frac{1000M}{1000d-MM_m}$	L

Tableau 18

Densités et concentrations des solutions

A. Densités et concentrations des solutions d'acide nitrique *

Densité à 20 °C (g/cm^3)	Concentration de HNO_3		Densité à 20 °C (g/cm^3)	Concentration de HNO_3	
	g/100 g de solution (% massiques)	mol/l		g/100 g de solution (% massiques)	mol/l
1,000	0,3333	0,05231	1,130	22,38	4,012
1,005	1,255	0,2001	1,135	23,16	4,171
1,010	2,164	0,3468	1,140	23,94	4,330
1,015	3,073	0,4950	1,145	24,71	4,489
1,020	3,982	0,6445	1,150	25,48	4,649
1,025	4,883	0,7943	1,155	26,24	4,810
1,030	5,784	0,9454	1,160	27,00	4,970
1,035	6,661	1,094	1,165	27,76	5,132
1,040	7,530	1,243	1,170	28,51	5,293
1,045	8,398	1,393	1,175	29,25	5,455
1,050	9,259	1,543	1,180	30,00	5,618
1,055	10,12	1,694	1,185	30,74	5,780
1,060	10,97	1,845	1,190	31,47	5,943
1,065	11,81	1,997	1,195	32,21	6,107
1,070	12,65	2,148	1,200	32,94	6,273
1,075	13,48	2,301	1,205	33,68	6,440
1,080	14,31	2,453	1,210	34,41	6,607
1,085	15,13	2,605	1,215	35,16	6,778
1,090	15,95	2,759	1,220	35,93	6,956
1,095	16,76	2,913	1,225	36,70	7,135
1,100	17,58	3,068	1,230	37,48	7,315
1,105	18,39	3,224	1,235	38,25	7,497
1,110	19,19	3,381	1,240	39,02	7,679
1,115	20,00	3,539	1,245	39,80	7,863
1,120	20,79	3,696	1,250	40,58	8,049
1,125	21,59	3,854	1,255	41,36	8,237

* Sur le mode d'utilisation du *Tableau 18* voir pp. 562-564.

Tableau 18 (suite)

Densité à 20 °C (g/cm³)	Concentration de HNO_3		Densité à 20 °C (g/cm³)	Concentration de HNO_3	
	g/100 g de solution (% massiques)	mol/l		g/100 g de solution (% massiques)	mol/l
1,260	42,14	8,426	1,415	70,39	15,81
1,265	42,92	8,616	1,420	71,63	16,14
1,270	43,70	8,808	1,425	72,86	16,47
1,275	44,48	9,001	1,430	74,09	16,81
1,280	45,27	9,195	1,435	75,35	17,16
1,285	46,06	9,394	1,440	76,71	17,53
1,290	46,85	9,590	1,445	78,07	17,90
1,295	47,63	9,789	1,450	79,43	18,28
1,300	48,42	9,990	1,455	80,88	18,68
1,305	49,21	10,19	1,460	82,39	19,09
1,310	50,00	10,39	1,465	83,91	19,51
1,315	50,85	10,61	1,470	85,50	19,95
1,320	51,71	10,83	1,475	87,29	20,43
1,325	52,56	11,05	1,480	89,07	20,92
1,330	53,41	11,27	1,485	91,13	21,48
1,335	54,27	11,49	1,490	93,49	22,11
1,340	55,13	11,72	1,495	95,46	22,65
1,345	56,04	11,96	1,500	96,73	23,02
1,350	56,95	12,20	1,501	96,98	23,10
1,355	57,87	12,44	1,502	97,23	23,18
1,360	58,78	12,68	1,503	97,49	23,25
1,365	59,69	12,93	1,504	97,74	23,33
1,370	60,67	13,19	1,505	97,99	23,40
1,375	61,69	13,46	1,506	98,25	23,48
1,380	62,70	13,73	1,507	98,50	23,56
1,385	63,72	14,01	1,508	98,76	23,63
1,390	64,74	14,29	1,509	99,01	23,71
1,395	65,84	14,57	1,510	99,26	23,79
1,400	66,97	14,88	1,511	99,52	23,86
1,405	68,10	15,18	1,512	99,77	23,94
1,410	69,23	15,49	1,513	100,00	24,01

Tableau 18 (suite)

B. Densités et concentrations des solutions d'acide sulfurique *

Densité à 20 °C (g/cm³)	Concentration de H_2SO_4 g/100 g de solution (% massiques)	Concentration de H_2SO_4 mol/l	Densité à 20 °C (g/cm³)	Concentration de H_2SO_4 g/100 g de solution (% massiques)	Concentration de H_2SO_4 mol/l
1,000	0,2609	0,02660	1,145	20,73	2,420
1,005	0,9855	0,1010	1,150	21,38	2,507
1,010	1,731	0,1783	1,155	22,03	2,594
1,015	2,485	0,2595	1,160	22,67	2,681
1,020	3,242	0,3372	1,165	23,31	2,768
1,025	4,000	0,4180	1,170	23,95	2,857
1,030	4,746	0,4983	1,175	24,58	2,945
1,035	5,493	0,5796	1,180	25,21	3,033
1,040	6,237	0,6613	1,185	25,84	3,122
1,045	6,956	0,7411	1,190	26,47	3,211
1,050	7,704	0,8250	1,195	27,10	3,302
1,055	8,415	0,9054	1,200	27,72	3,391
1,060	9,129	0,9865	1,205	28,33	3,481
1,065	9,843	1,066	1,210	28,95	3,572
1,070	10,56	1,152	1,215	29,57	3,663
1,075	11,26	1,235	1,220	30,18	3,754
1,080	11,96	1,317	1,225	30,79	3,846
1,085	12,66	1,401	1,230	31,40	3,938
1,090	13,36	1,484	1,235	32,01	4,031
1,095	14,04	1,567	1,240	32,61	4,123
1,100	14,73	1,652	1,245	33,22	4,216
1,105	15,41	1,735	1,250	33,82	4,310
1,110	16,08	1,820	1,255	34,42	4,404
1,115	16,76	1,905	1,260	35,01	4,498
1,120	17,43	1,990	1,265	35,60	4,592
1,125	18,09	2,075	1,270	36,19	4,686
1,130	18,76	2,161	1,275	36,78	4,781
1,135	19,42	2,247	1,280	37,36	4,876
1,140	20,08	2,334	1,285	37,95	4,972

* Sur le mode d'utilisation du *Tableau 18* voir pp. 562-564.

Tableau 18 (suite)

Densité à 20 °C (g/cm³)	Concentration de H_2SO_4		Densité à 20 °C (g/cm³)	Concentration de H_2SO_4	
	g/100 g de solution (% massiques)	mol/l		g/100 g de solution (% massiques)	mol/l
1,290	38,53	5,068	1,460	56,41	8,397
1,295	39,10	5,163	1,465	56,89	8,497
1,300	39,68	5,259	1,470	57,36	8,598
1,305	40,25	5,356	1,475	57,84	8,699
1,310	40,82	5,452	1,480	58,31	8,799
1,315	41,39	5,549	1,485	58,78	8,899
1,320	41,95	5,646	1,490	59,24	9,000
1,325	42,51	5,743	1,495	59,70	9,100
1,330	43,07	5,840	1,500	60,17	9,202
1,335	43,62	5,938	1,505	60,62	9,303
1,340	44,17	6,035	1,510	61,08	9,404
1,345	44,72	6,132	1,515	61,54	9,506
1,350	45,26	6,229	1,520	62,00	9,608
1,355	45,80	6,327	1,525	62,45	9,711
1,360	46,33	6,424	1,530	62,91	9,813
1,365	46,86	6,522	1,535	63,36	9,916
1,370	47,39	6,620	1,540	63,81	10,02
1,375	47,92	6,718	1,545	64,26	10,12
1,380	48,45	6,817	1,550	64,71	10,23
1,385	48,97	6,915	1,555	65,15	10,33
1,390	49,48	7,012	1,560	65,59	10,43
1,395	49,99	7,110	1,565	66,03	10,54
1,400	50,50	7,208	1,570	66,47	10,64
1,405	51,01	7,307	1,575	66,91	10,74
1,410	51,52	7,406	1,580	67,35	10,85
1,415	52,02	7,505	1,585	67,79	10,96
1,420	52,51	7,603	1,590	68,23	11,06
1,425	53,01	7,702	1,595	68,66	11,16
1,430	53,50	7,801	1,600	69,09	11,27
1,435	54,00	7,901	1,605	69,53	11,38
1,440	54,49	8,000	1,610	69,96	11,48
1,445	54,97	8,099	1,615	70,39	11,59
1,450	55,45	8,198	1,620	70,82	11,70
1,455	55,93	8,297	1,625	71,25	11,80

Tableau 18 (suite)

Densité à 20 °C (g/cm^3)	Concentration de H_2SO_4 g/100 g de solution (% massiques)	Concentration de H_2SO_4 mol/l	Densité à 20 °C (g/cm^3)	Concentration de H_2SO_4 g/100 g de solution (% massiques)	Concentration de H_2SO_4 mol/l
1,630	71,67	11,91	1,765	83,57	15,04
1,635	72,09	12,02	1,770	84,08	15,17
1,640	72,52	12,13	1,775	84,61	15,31
1,645	72,95	12,24	1,780	85,16	15,46
1,650	73,37	12,34	1,785	85,74	15,61
1,655	73,80	12,45	1,790	86,35	15,76
1,660	74,22	12,56	1,795	86,99	15,92
1,665	74,64	12,67	1,800	87,69	16,09
1,670	75,07	12,78	1,805	88,43	16,27
1,675	75,49	12,89	1,810	89,23	16,47
1,680	75,92	13,00	1,815	90,12	16,68
1,685	76,34	13,12	1,820	91,11	16,91
1,690	76,77	13,23	1,821	91,33	16,96
1,695	77,20	13,34	1,822	91,56	17,01
1,700	77,63	13,46	1,823	91,78	17,06
1,705	78,06	13,57	1,824	92,00	17,11
1,710	78,49	13,69	1,825	92,25	17,17
1,715	78,93	13,80	1,826	92,51	17,22
1,720	79,37	13,92	1,827	92,77	17,28
1,725	79,81	14,04	1,828	93,03	17,34
1,730	80,25	14,16	1,829	93,33	17,40
1,735	80,70	14,28	1,830	93,64	17,47
1,740	81,16	14,40	1,831	93,94	17,54
1,745	81,62	14,52	1,832	94,32	17,62
1,750	82,09	14,65	1,833	94,72	17,70
1,755	82,57	14,78	1,834	95,12	17,79
1,760	83,06	14,90	1,835	95,72	17,91

Tableau 18 (suite)

C. Densités et concentrations des solutions d'acide chlorhydrique *

Densité à 20 °C (g/cm³)	Concentration de HCl g/100 g de solution (% massiques)	Concentration de HCl mol/l	Densité à 20 °C (g/cm³)	Concentration de HCl g/100 g de solution (% massiques)	Concentration de HCl mol/l
1,000	0,3600	0,09872	1,105	21,36	6,472
1,005	1,360	0,3748	1,110	22,33	6,796
1,010	2,364	0,6547	1,115	23,29	7,122
1,015	3,374	0,9391	1,120	24,25	7,449
1,020	4,388	1,227	1,125	25,22	7,782
1,025	5,408	1,520	1,130	26,20	8,118
1,030	6,433	1,817	1,135	27,18	8,459
1,035	7,464	2,118	1,140	28,18	8,809
1,040	8,490	2,421	1,145	29,17	9,159
1,045	9,510	2,725	1,150	30,14	9,505
1,050	10,52	3,029	1,155	31,14	9,863
1,055	11,52	3,333	1,160	32,14	10,22$_5$
1,060	12,51	3,638	1,165	33,16	10,59$_5$
1,065	13,50	3,944	1,170	34,18	10,97
1,070	14,49$_5$	4,253	1,175	35,20	11,34
1,075	15,48$_5$	4,565	1,180	36,23	11,73
1,080	16,47	4,878	1,185	37,27	12,11
1,085	17,45	5,192	1,190	38,32	12,50
1,090	18,43	5,509$_5$	1,195	39,37	12,90
1,095	19,41	5,829	1,198	40,00	13,14
1,100	20,39	6,150			

* Sur le mode d'utilisation du *Tableau 18* voir pp. 562-564.

Concentrations de l'acide chlorhydrique au point d'ébullition constant

Pression atmosphérique lors de la distillation (mm Hg)	780	770	760	750	740	730

Tableau 18 (suite)

Concentration de l'acide chlorhydrique ramenée au vide (g HCl/100 g de solution)	20,173	20,197	20,221	20,245	20,269	20,293
Masse de distillat (pesée en air) renfermant exactement 1 mole de HCl (g)	180,621	180,407	180,193	179,979	179,766	179,551

D. Densités et concentrations des solutions d'acide phosphorique *

Densité à 20 °C (g/cm³)	Concentration de H_3PO_4 g/100 g de solution (% massiques)	Concentration de H_3PO_4 mol/l	Densité à 20 °C (g/cm³)	Concentration de H_3PO_4 g/100 g de solution (% massiques)	Concentration de H_3PO_4 mol/l
1,000	0,296	0,030	1,100	17,87	2,005
1,005	1,222	0,1253	1,105	18,68	2,105
1,010	2,148	0,2214	1,110	19,46	2,204
1,015	3,074	0,3184	1,115	20,25	2,304
1,020	4,000	0,4164	1,120	21,03	2,403
1,025	4,926	0,5152	1,125	21,80	2,502
1,030	5,836	0,6134	1,130	22,56	2,602
1,035	6,745	0,7124	1,135	23,32	2,702
1,040	7,643	0,8110	1,140	24,07	2,800
1,045	8,536	0,911	1,145	24,82	2,900
1,050	9,429	1,010	1,150	25,57	3,000
1,055	10,32	1,111	1,155	26,31	3,101
1,060	11,19	1,210	1,160	27,05	3,203
1,065	12,06	1,311	1,165	27,78	3,304
1,070	12,92	1,411	1,170	28,51	3,404
1,075	13,76	1,510	1,175	29,23	3,505
1,080	14,60	1,609	1,180	29,94	3,606
1,085	15,43	1,708	1,185	30,65	3,707
1,090	16,26	1,807	1,190	31,35	3,806
1,095	17,07	1,906	1,195	32,05	3,908

* Sur le mode d'utilisation du *Tableau 18* voir pp. 562-564.

Tableau 18 (suite)

Densité à 20 °C (g/cm³)	Concentration de H_3PO_4		Densité à 20 °C (g/cm³)	Concentration de H_3PO_4	
	g/100 g de solution (% massiques)	mol/l		g/100 g de solution (% massiques)	mol/l
1,200	32,75	4,010	1,370	54,14	7,570
1,205	33,44	4,112	1,375	54,71	7,678
1,210	34,13	4,215	1,380	55,28	7,784
1,215	34,82	4,317	1,385	55,85	7,894
1,220	35,50	4,420	1,390	56,42	8,004
1,225	36,17	4,522	1,395	56,98	8,112
1,230	36,84	4,624	1,400	57,54	8,221
1,235	37,51	4,727	1,405	58,09	8,328
1,240	38,17	4,829	1,410	58,64	8,437
1,245	38,83	4,932	1,415	59,19	8,547
1,250	39,49	5,036	1,420	59,74	8,658
1,255	40,14	5,140	1,425	60,29	8,766
1,260	40,79	5,245	1,430	60,84	8,878
1,265	41,44	5,350	1,435	61,38	8,989
1,270	42,09	5,454	1,440	61,92	9,099
1,275	42,73	5,559	1,445	62,45	9,208
1,280	43,37	5,655	1,450	62,98	9,322
1,285	44,00	5,771	1,455	63,51	9,432
1,290	44,63	5,875	1,460	64,03	9,541
1,295	45,26	5,981	1,465	64,55	9,651
1,300	45,88	6,087	1,470	65,07	9,761
1,305	46,49	6,191	1,475	65,58	9,870
1,310	47,10	6,296	1,480	66,09	9,982
1,315	47,70	6,400	1,485	66,60	10,09
1,320	48,30	6,506	1,490	67,10	10,21
1,325	48,89	6,610	1,495	67,60	10,31
1,330	49,48	6,716	1,500	68,10	10,42
1,335	50,07	6,822	1,505	68,60	10,53
1,340	50,66	6,928	1,510	69,09	10,64
1,345	51,25	7,034	1,515	69,58	10,76
1,350	51,84	7,141	1,520	70,07	10,86
1,355	52,42	7,247	1,525	70,56	10,98
1,360	53,00	7,355	1,530	71,04	11,09
1,365	53,57	7,463	1,535	71,52	11,20

Tableau 18 (suite)

Densité à 20 °C (g/cm³)	Concentration de H_3PO_4 g/100 g de solution (% massiques)	Concentration de H_3PO_4 mol/l	Densité à 20 °C (g/cm³)	Concentration de H_3PO_4 g/100 g de solution (% massiques)	Concentration de H_3PO_4 mol/l
1,540	72,00	11,32	1,710	87,22	15,22
1,545	72,48	11,42	1,715	87,64	15,33
1,550	72,95	11,53	1,720	88,06	15,45
1,555	73,42	11,65	1,725	88,48	15,57
1,560	73,89	11,76	1,730	88,90	15,70
1,565	74,36	11,88	1,735	89,31	15,81
1,570	74,83	11,99	1,740	89,72	15,93
1,575	75,30	12,11	1,745	90,13	16,04
1,580	75,76	12,22	1,750	90,54	16,16
1,585	76,22	12,33	1,755	90,95	16,29
1,590	76,68	12,45	1,760	91,36	16,41
1,595	77,14	12,56	1,765	91,77	16,53
1,600	77,60	12,67	1,770	92,17	16,65
1,605	78,05	12,78	1,775	92,57	16,77
1,610	78,50	12,90	1,780	92,97	16,89
1,615	78,95	13,01	1,785	93,37	17,00
1,620	79,40	13,12	1,790	93,77	17,13
1,625	79,85	13,24	1,795	94,17	17,25
1,630	80,30	13,36	1,800	94,57	17,37
1,635	80,75	13,48	1,805	94,97	17,50
1,640	81,20	13,59	1,810	95,37	17,62
1,645	81,64	13,71	1,815	95,76	17,74
1,650	82,08	13,82	1,820	96,15	17,85
1,655	82,52	13,94	1,825	96,54	17,98
1,660	82,96	14,06	1,830	96,93	18,10
1,665	83,39	14,17	1,835	97,32	18,23
1,670	83,82	14,29	1,840	97,71	18,34
1,675	84,25	14,40	1,845	98,10	18,47
1,680	84,68	14,52	1,850	98,48	18,60
1,685	85,11	14,63	1,855	98,86	18,72
1,690	85,54	14,75	1,860	99,24	18,84
1,695	85,96	14,87	1,865	99,62	18,96
1,700	86,38	14,98	1,870	100,00	19,08
1,705	86,80	15,10			

Tableau 18 (suite)

E. Densités et concentrations des solutions d'acide perchlorique *

Densité à 20 °C (g/cm³)	Concentration de $HClO_4$		Densité à 20 °C (g/cm³)	Concentration de $HClO_4$	
	g/100 g de solution (% massiques)	mol/l		g/100 g de solution (% massiques)	mol/l
1,005	1,00	0,1004	1,150	22,99	2,632
1,010	1,90	0,1910	1,155	23,65	2,719
1,015	2,77	0,2799	1,160	24,30	2,806
1,020	3,61	0,3665	1,165	24,94	2,892
1,025	4,43	0,4520	1,170	25,57	2,978
1,030	5,25	0,5383	1,175	26,20	3,064
1,035	6,07	0,6253	1,180	26,82	3,150
1,040	6,88	0,7122	1,185	27,44	3,237
1,045	7,68	0,7989	1,190	28,05	3,323
1,050	8,48	0,8863	1,195	28,66	3,409
1,055	9,28	0,9745	1,200	29,26	3,495
1,060	10,06	1,061	1,205	29,86	3,582
1,065	10,83	1,148	1,210	30,45	3,667
1,070	11,58	1,233	1,215	31,04	3,754
1,075	12,33	1,319	1,220	31,61	3,839
1,080	13,08	1,406	1,225	32,18	3,924
1,085	13,83	1,494	1,230	32,74	4,008
1,090	14,56	1,580	1,235	33,29	4,092
1,095	15,28	1,665	1,240	33,85	4,178
1,100	16,00	1,752	1,245	34,40	4,263
1,105	16,72	1,839	1,250	34,95	4,349
1,110	17,45	1,928	1,255	35,49	4,433
1,115	18,16	2,015	1,260	36,03	4,519
1,120	18,88	2,105	1,265	36,56	4,604
1,125	19,57	2,191	1,270	37,08	4,687
1,130	20,26	2,279	1,275	37,60	4,772
1,135	20,95	2,367	1,280	38,10	4,854
1,140	21,64	2,456	1,285	38,60	4,937
1,145	22,32	2,544	1,290	39,10	5,021

* Sur le mode d'utilisation du *Tableau 18* voir pp. 562-564.

Tableau 18 (suite)

Densité à 20 °C (g/cm³)	Concentration de $HClO_4$		Densité à 20 °C (g/cm³)	Concentration de $HClO_4$	
	g/100 g de solution (% massiques)	mol/l		g/100 g de solution (% massiques)	mol/l
1,295	39,60	5,105	1,465	54,41	7,934
1,300	40,10	5,189	1,470	54,79	8,017
1,305	40,59	5,273	1,475	55,17	8,100
1,310	41,08	5,357	1,480	55,55	8,183
1,315	41,56	5,440	1,485	55,93	8,267
1,320	42,02	5,521	1,490	56,31	8,352
1,325	42,49	5,604	1,495	56,69	8,436
1,330	42,97	5,689	1,500	57,06	8,519
1,335	43,43	5,771	1,505	57,44	8,605
1,340	43,89	5,854	1,510	57,81	8,689
1,345	44,35	5,937	1,515	58,17	8,772
1,350	44,81	6,021	1,520	58,54	8,857
1,355	45,26	6,104	1,525	58,91	8,942
1,360	45,71	6,188	1,530	59,28	9,028
1,365	46,16	6,272	1,535	59,66	9,116
1,370	46,61	6,356	1,540	60,04	9,203
1,375	47,05	6,439	1,545	60,41	9,290
1,380	47,49	6,523	1,550	60,78	9,377
1,385	47,93	6,608	1,555	61,15	9,465
1,390	48,37	6,692	1,560	61,52	9,553
1,395	48,80	6,776	1,565	61,89	9,641
1,400	49,23	6,860	1,570	62,26	9,730
1,405	49,68	6,948	1,575	62,63	9,819
1,410	50,10	7,032	1,580	63,00	9,908
1,415	50,51	7,114	1,585	63,37	9,998
1,420	50,90	7,196	1,590	63,74	10,09
1,425	51,31	7,278	1,595	64,12	10,18
1,430	51,71	7,360	1,600	64,50	10,27
1,435	52,11	7,443	1,605	64,88	10,37
1,440	52,51	7,527	1,610	65,26	10,46
1,445	52,89	7,607	1,615	65,63	10,55
1,450	53,27	7,689	1,620	66,01	10,64
1,455	53,65	7,770	1,625	66,39	10,74
1,460	54,03	7,852	1,630	66,76	10,83

Tableau 18 (suite)

Densité à 20 °C (g/cm³)	Concentration de $HClO_4$		Densité à 20 °C (g/cm³)	Concentration de $HClO_4$	
	g/100 g de solution (% massiques)	mol/l		g/100 g de solution (% massiques)	mol/l
1,635	67,13	10,93	1,660	69,02	11,40
1,640	67,51	11,02	1,665	69,40	11,50
1,645	67,89	11,12	1,670	69,77	11,60
1,650	68,26	11,21	1,675	70,15	11,70
1,655	68,64	11,31			

F. Densités et concentrations des solutions d'acide acétique*

Densité à 20 °C (g/cm³)	Concentration de CH_3COOH		Densité à 20 °C (g/cm³)	Concentration de CH_3COOH	
	g/100 g de solution (% massiques)	mol/l		g/100 g de solution (% massiques)	mol/l
1,000	1,20	0,200	1,050	40,2	7,03
1,005	4,64	0,777	1,055	46,9	8,24
1,010	8,14	1,37	1,060	53,4	9,43
1,015	11,7	1,98	1,065	61,4	10,9
1,020	15,4	2,61	1,070	77-79**	13,7-14,1
1,025	19,2	3,27	1,065	91,2	16,2
1,030	23,1	3,96	1,060	95,4	16,8
1,035	27,2	4,68	1,055	98,0	17,2
1,040	31,6	5,46	1,050	99,9	17,5
1,045	36,2	6,30			

* Sur le mode d'utilisation du *Tableau 18* voir pp. 562-564.

** La densité de l'acide acétique aux limites indiquées de concentration est de 1,0700 g/cm³, les écarts étant inférieurs à 0,0001. Une augmentation de la concentration au delà de ces limites fait rediminuer la densité, c'est pourquoi pour mettre en évidence celle de deux concentrations possibles qui répond à la densité trouvée (par exemple, pour savoir si pour la densité 1,060 g/cm³ la concentration est égale à 53,4 ou à 95,4 %), il faut ajouter un peu d'eau à une prise d'essai d'acide acétique. Dans le cas où la densité a diminué, il faut employer une concentration plus faible (dans l'exemple cité 53,4 %), si la densité a augmenté, il faut utiliser une concentration plus forte (dans l'exemple cité 95,4 %).

Tableau 18 (suite)

G. Densités et concentrations des solutions de potasse *

Densité à 20 °C (g/cm³)	Concentration de KOH		Densité à 20 °C (g/cm³)	Concentration de KOH	
	g/100 g de solution (% massiques)	mol/l		g/100 g de solution (% massiques)	mol/l
1,000	0,197	0,0351	1,145	15,74	3,21
1,005	0,743	0,133	1,150	16,26	3,33
1,010	$1,29_5$	0,233	1,155	16,78	3,45
1,015	1,84	0,333	1,160	17,29	3,58
1,020	2,38	$0,433_5$	1,165	17,81	3,70
1,025	2,93	0,536	1,170	18,32	3,82
1,030	3,48	$0,639_5$	1,175	18,84	$3,94_5$
1,035	4,03	0,744	1,180	19,35	4,07
1,040	4,58	0,848	1,185	19,86	$4,19_5$
1,045	5,12	0,954	1,190	20,37	4,32
1,050	5,66	1,06	1,195	20,88	4,45
1,055	6,20	1,17	1,200	21,38	4,57
1,060	6,74	1,27	1,205	21,88	4,70
1,065	7,28	1,38	1,210	22,38	4,83
1,070	7,82	1,49	1,215	22,88	$4,95_5$
1,075	8,36	1,60	1,220	23,38	5,08
1,080	8,89	1,71	1,225	23,87	5,21
1,085	9,43	1,82	1,230	24,37	5,34
1,090	9,96	1,94	1,235	24,86	5,47
1,095	10,49	2,05	1,240	25,36	5,60
1,100	11,03	2,16	1,245	25,85	5,74
1,105	11,56	2,28	1,250	26,34	5,87
1,110	12,08	2,39	1,255	26,83	6,00
1,115	12,61	2,51	1,260	27,32	$6,13_5$
1,120	13,14	2,62	1,265	27,80	6,27
1,125	13,66	2,74	1,270	28,29	6,40
1,130	14,19	2,86	1,275	28,77	6,54
1,135	$14,70_5$	$2,97_5$	1,280	29,25	6,67
1,140	15,22	3,09	1,285	29,73	6,81

* Sur le mode d'utilisation du *Tableau 18* voir pp. 562-564.

Tableau 18 (suite)

Densité à 20 °C (g/cm³)	Concentration de KOH		Densité à 20 °C (g/cm³)	Concentration de KOH	
	g/100 g de solution (% massiques)	mol/l		g/100 g de solution (% massiques)	mol/l
1,290	30,21	6,95	1,415	41,71	10,52
1,295	30,68	7,08	1,420	$42,15_5$	10,67
1,300	31,15	7,22	1,425	42,60	10,82
1,305	31,62	7,36	1,430	43,04	10,97
1,310	32,09	7,49	1,435	43,48	11,12
1,315	32,56	7,63	1,440	43,92	11,28
1,320	33,03	7,77	1,445	44,36	11,42
1,325	33,50	7,91	1,450	44,79	11,58
1,330	33,97	8,05	1,455	45,23	11,73
1,335	34,43	8,19	1,460	45,66	11,88
1,340	34,90	$8,33_5$	1,465	$46,09_5$	12,04
1,345	35,36	8,48	1,470	46,53	12,19
1,350	35,82	8,62	1,475	46,96	12,35
1,355	36,28	8,76	1,480	47,39	12,50
1,360	$36,73_5$	$8,90_5$	1,485	47,82	12,66
1,365	37,19	9,05	1,490	48,25	12,82
1,370	37,65	9,19	1,495	$48,67_5$	12,97
1,375	$38,10_5$	9,34	1,500	49,10	13,13
1,380	38,56	9,48	1,505	49,53	13,29
1,385	39,01	9,63	1,510	49,95	13,45
1,390	39,46	9,78	1,515	50,38	13,60
1,395	39,92	9,93	1,520	50,80	13,76
1,400	40,37	10,07	1,525	51,22	13,92
1,405	40,82	10,22	1,530	51,64	14,08
1,410	41,26	10,37	1,535	52,05	14,24

Tableau 18 (suite)

H. Densités et concentrations des solutions de soude*

Densité à 20 °C (g/cm³)	Concentration de NaOH		Densité à 20 °C (g/cm³)	Concentration de NaOH	
	g/100 g de solution (% massiques)	mol/l		g/100 g de solution (% massiques)	mol/l
1,000	0,159	0,0398	1,145	13,28	3,801
1,005	0,602	0,151	1,150	13,73	3,947
1,010	$1,04_5$	0,264	1,155	14,18	4,095
1,015	1,49	0,378	1,160	14,64	4,244
1,020	1,94	0,494	1,165	15,09	4,395
1,025	2,39	0,611	1,170	15,54	4,545
1,030	2,84	0,731	1,175	15,99	4,697
1,035	3,29	0,851	1,180	16,44	4,850
1,040	$3,74_5$	0,971	1,185	16,89	5,004
1,045	4,20	1,097	1,190	$17,34_5$	5,160
1,050	$4,65_5$	1,222	1,195	17,80	5,317
1,055	5,11	1,347	1,200	$18,25_5$	5,476
1,060	5,56	1,474	1,205	18,71	5,636
1,065	6,02	1,602	1,210	19,16	5,796
1,070	6,47	1,731	1,215	19,62	5,958
1,075	6,93	1,862	1,220	20,07	6,122
1,080	7,38	1,992	1,225	20,53	6,286
1,085	7,83	2,123	1,230	20,98	6,451
1,090	8,28	2,257	1,235	21,44	6,619
1,095	8,74	2,391	1,240	21,90	6,788
1,100	9,19	2,527	1,245	22,36	6,958
1,105	$9,64_5$	2,664	1,250	22,82	7,129
1,110	10,10	2,802	1,255	$23,27_5$	7,302
1,115	$10,55_5$	2,942	1,260	23,73	7,475
1,120	11,01	3,082	1,265	24,19	7,650
1,125	11,46	3,224	1,270	$24,64_5$	7,824
1,130	11,92	3,367	1,275	25,10	8,000
1,135	12,37	3,510	1,280	25,56	8,178
1,140	12,83	3,655	1,285	26,02	8,357

* Sur le mode d'utilisation du *Tableau 18* voir pp. 562-564.

Tableau 18 (suite)

Densité à 20 °C (g/cm^3)	Concentration de NaOH g/100 g de solution (% massiques)	Concentration de NaOH mol/l	Densité à 20 °C (g/cm^3)	Concentration de NaOH g/100 g de solution (% massiques)	Concentration de NaOH mol/l
1,290	26,48	8,539	1,415	38,49	13,61
1,295	26,94	8,722	1,420	38,99	13,84
1,300	27,41	8,906	1,425	$39,49_5$	14,07
1,305	27,87	9,092	1,430	40,00	14,30
1,310	28,33	9,278	1,435	$40,51_5$	14,53
1,315	28,80	9,466	1,440	41,03	14,77
1,320	29,26	9,656	1,445	41,55	15,01
1,325	29,73	9,847	1,450	42,07	15,25
1,330	30,20	10,04	1,455	42,59	15,49
1,335	30,67	10,23	1,460	43,12	15,74
1,340	31,14	10,43	1,465	43,64	15,98
1,345	31,62	10,63	1,470	44,17	16,23
1,350	32,10	10,83	1,475	$44,69_5$	16,48
1,355	32,58	11,03	1,480	45,22	16,73
1,360	33,06	11,24	1,485	45,75	16,98
1,365	33,54	11,45	1,490	46,27	17,23
1,370	34,03	11,65	1,495	46,80	17,49
1,375	34,52	11,86	1,500	47,33	17,75
1,380	35,01	12,08	1,505	47,85	18,00
1,385	$35,50_5$	12,29	1,510	48,38	18,26
1,390	36,00	12,51	1,515	$48,90_5$	18,52
1,395	$36,49_5$	12,73	1,520	49,44	18,78
1,400	36,99	12,95	1,525	49,97	19,05
1,405	37,49	13,17	1,530	50,50	19,31
1,410	37,99	13,39			

Tableau 18 (suite)

I. Densités et concentrations des solutions d'ammoniac *

Densité à 20 °C (g/cm³)	Concentration de NH_3		Densité à 20 °C (g/cm³)	Concentration de NH_3	
	g/100 g de solution (% massiques)	mol/l		g/100 g de solution (% massiques)	mol/l
0,998	0,0465	0,0273	0,938	15,47	8,52
0,996	0,512	0,299	0,936	16,06	8,83
0,994	0,977	0,570	0,934	16,65	9,13
0,992	1,43	0,834	0,932	17,24	9,44
0,990	1,89	1,10	0,930	17,85	9,75
0,988	2,35	$1,36_5$	0,928	18,45	10,06
0,986	2,82	$1,63_5$	0,926	19,06	10,37
0,984	3,30	1,91	0,924	19,67	10,67
0,982	3,78	2,18	0,922	20,27	10,97
0,980	4,27	2,46	0,920	20,88	11,28
0,978	4,76	2,73	0,918	21,50	11,59
0,976	5,25	3,01	0,916	$22,12_5$	11,90
0,974	5,75	3,29	0,914	22,75	12,21
0.972	6,25	3,57	0,912	23,39	12,52
0,970	6,75	3,84	0,910	24,03	12,84
0,968	7.26	4,12	0,908	24,68	13,16
0,966	7,77	4,41	0,906	25,33	13,48
0,964	8,29	4,69	0,904	26,00	13,80
0,962	8,82	4,98	0,902	26,67	14,12
0,960	9,34	5,27	0,900	27,33	14,44
0,958	9,87	5,55	0,898	28,00	14,76
0,956	$10,40_5$	5,84	0,896	28,67	15,08
0,954	10,95	6,13	0,894	29,33	15,40
0,952	11,49	6,42	0,892	30,00	15,71
0,950	12,03	6,71	0,890	$30,68_5$	16,04
0,948	12,58	7,00	0,888	31,37	16,36
0,946	13,14	7,29	0,886	32,09	16,69
0,944	13,71	7,60	0,884	32,84	17,05
0,942	14,29	7,91	0,882	$33,59_5$	17,40
0,940	14,88	8,21	0,880	34,35	17,75

* Sur le mode d'utilisation du *Tableau 18* voir pp. 562-564.

Tableau 18 (suite)

J. Densités et concentrations des solutions de carbonate de sodium *

Densité à 20 °C (g/cm^3)	Concentration de Na_2CO_3 g/100 g de solution (% massiques)	Concentration de Na_2CO_3 mol/l	Densité à 20 °C (g/cm^3)	Concentration de Na_2CO_3 g/100 g de solution (% massiques)	Concentration de Na_2CO_3 mol/l
1,000	0,19	0,018	1,100	9,75	1,012
1,005	0,67	$0,063_5$	1,105	10,22	1,065
1,010	1,14	0,109	1,110	10,68	1,118
1,015	1,62	0,155	1,115	11,14	1,172
1,020	2,10	0,202	1,120	11,60	1,226
1,025	2,57	0,248	1,125	12,05	1,279
1,030	3,05	0,296	1,130	12,52	1,335
1,035	3,54	0,346	1,135	13,00	1,392
1,040	4,03	0,395	1,140	13,45	1,446
1,045	4,50	0,444	1,145	13,90	1,501
1,050	4,98	0,493	1,150	14,35	1,557
1,055	5,47	0,544	1,155	14,75	1,607
1,060	5,95	0,595	1,160	15,20	1,663
1,065	6,43	0,646	1,165	15,60	1,714
1,070	6,90	0,696	1,170	16,03	1,769
1,075	7,38	0,748	1,175	16,45	1,823
1,080	7,85	0,800	1,180	16,87	1,878
1,085	8,33	0,853	1,185	17,30	1,934
1,090	8,80	0,905	1,190	17,70	1,987
1,095	9,27	0,958			

* Sur le mode d'utilisation du *Tableau 18* voir pp. 562-564.

Tableau 18 (suite)

K. Densités et concentrations de certains réactifs commerciaux

Réactif	Densité à 20 °C (g/cm^3)	Concentration	
		% massiques	mol/l
Ammoniac (solution concentrée)	0,901-0,907	25,0-27,0	13,32-14,28
Acide nitrique « fort »	1,372-1,405	60,7-68,0	13,28-15,16
Acide nitrique « faible »	1,337-1,367	54,0-60,0	11,41-13,02
Acide bromhydrique ...	1,486	46,85	8,6
Acide iodhydrique	1,50-1,55	45,3-45,8	5,31-5,55
Acide sulfurique	1,83-1,835	93,56-95,60	17,46-17,88
Acide chlorhydrique ...	1,174-1,185	35,0-38,0	11,27-12,38
Acide acétique glacial chimiquement pur	≤ 1,0503	≥ 99,8	≥ 17,45
Acide acétique pur pour l'analyse et pur	≤ 1,0549	≥ 98	≥ 17,21
Acide phosphorique pur pour l'analyse	≥ 1,719	≥ 88	≥ 15,43
Acide phosphorique pur	≥ 1,713	≥ 87,5	≥ 15,29
Acide fluorhydrique pur pour l'analyse	≥ 1,128	≥ 40	≥ 22,55
Acide fluorhydrique pur	≥ 1,116	≥ 35	≥ 19,52
Acide perchlorique	1,206-1,220	30,0-31,61	3,60-3,84

Tableau 19

Indicateurs de *p*H ou acide-base les plus importants *

n°	Indicateur	Formule	Concentration (%)	Solvant	Domaine de virage du *p*H et changement de couleur
1	Violet de méthyle, 1er virage (voir nos 7 et 15)	$(H_3C)_2N$ … $\overset{+}{N}(CH_3)_2Cl^-$ … C … $NHCH_3$ (de préférence)	0,1 et 0,05	Eau	0,13 à 0,5 Vert → jaune
2	α-naphtolbenzoïne, 1er virage (voir n° 57)	HO— … —OH … C—OH	0,05	Alcool à 70%	0,0 à 1,0 Vert → jaune

* Sur le mode d'utilisation du *Tableau 19* voir pp. 564-566.

Tableau 19 (suite)

n°	Indicateur	Formule	Concentration (%)	Solvant	Domaine de virage du *p*H et changement de couleur
3	Acide picrique (trinitro-2,4,6-phénol)	OH ; O_2N ; NO_2 ; NO_2	0,1	Eau	0,0 à 1,3 Incolore → jaune
4	Vert de méthyle	$(H_3C)_2N$; $\overset{+}{N}(CH_3)_2$ Cl^- ; C ; $+N(CH_3)_2$ Cl^-	0,05	Eau	0,1 à 2,0 Jaune → vert → bleu

5	Rouge de crésol (*o*-crésolsulfophtaléine), 1[er] virage	HO, H_3C, O, CH_3, C, SO_3H	0,04	Alcool à 50%	0,2 à 1,8 Rouge→jaune
6	Vert malachite, 1[er] virage (voir n° 69)	$(H_3C)_2N$, $\overset{+}{N}(CH_3)_2$, C, Cl^-	0,1	Eau	0,13 à 2,0 Jaune→vert bleuâtre
7	Violet de méthyle, 2[ème] virage (voir n[os] 1 et 15)	Voir n° 1	0,1	Eau	1,0 à 1,5 Vert→bleu foncé

Tableau 19 (suite)

nº	Indicateur	Formule	Concentration (%)	Solvant	Domaine de virage du *p*H et changement de couleur
8	Jaune métanile (jaune Victoria)	—N=N— —N— H SO_3Na	0,1	Eau	1,2 à 2,3 Rouge→jaune
9	Benzène-azo-diphénylamine	—N=N— —N— H	0,01	Alcool à 50 % avec l'addition de 1 ml de HCl 1 N par 100 g de solution	1,1 à 2,8 Pourpre→jaune
10	Pourpre de *m*-crésol (*m*-crésolsulphtaléine), 1er virage (voir nº 50)	HO O C H_3C CH_3 SO_3H	0,04	Alcool à 20 %	1,2 à 2,8 Rouge→jaune

11	Bleu de thymol (thymolsulfophtaléine), 1er virage (voir nº 53)	H_3C, CH_3, CH, H_3C, CH_3, CH, HO, O, H_3C, C, CH_3, SO_3H	0,1	a. Alcool à 20 % b. Eau avec l'addition de 4,3 ml de NaOH 0,05 N par 100 mg d'indicateur	1,2 à 2,8 Rouge→jaune λ_{max}544-430 nm
12	Bleu de xylénol (*p*-xylénolsulfophtaléine), 1er virage (voir nº 54)	CH_3, CH_3, HO, O, C, CH_3, CH_3, SO_3H	0,04 0,05	a. Alcool à 20 % b. Eau avec l'addition de 5,3 ml de NaOH 0,05 N par 100 mg d'indicateur	1,2 à 2,8 Rouge→jaunc marron

Tableau 19 (suite)

nº	Indicateur	Formule	Concentration (%)	Solvant	Domaine de virage du *p*H et changement de couleur
13	Rouge pentaméthoxy	OCH_3; H_3CO; OCH_3; C—OH; OCH_3; OCH_3	0,1	Alcool à 70 %	1,2 à 3,2 Rouge→violet→incolore
14	Tropéoline 00 (orangé IV, orangé de diphényle)	H; —N—; —N=N—; —SO$_3$Na	1,0 ; 0,1 et 0,01	Eau	1,4 à 3,2 Rouge→jaune
15	Violet de méthyle, 3ème virage (voir nos 1 et 7)	Voir nº 1	0,1	Eau	2,0 à 3,0 Bleu→violet

16	Jaune d'alizarine R, 1er virage	O_2N— —N=N— —OH COONa	0,1	Eau	1,9 à 3,3 Rouge→jaune
17	Orangé de benzyle	H H —C—N— —N=N— H —SO$_3$K	0,05	Eau	1,9 à 3,3 Rouge→jaune
18	Benzopurpurine 4B, 1er virage (voir n° 74)	NH_2 H_3C —N=N— SO_3Na CH_3 NH_2 —N=N— SO_3Na	0,1 0,5	Eau Alcool à 90 %	1,3 à 4,0 Bleu→violet→ orangé

Tableau 19 (suite)

nº	Indicateur	Formule	Concentration (%)	Solvant	Domaine de virage du *p*H et changement de couleur
19	α-Dinitrophénol (dinitro-2,4-phénol)	OH, NO_2, NO_2	Saturée et 0,04 0,1	Eau Alcool	2,8 à 4,4 Incolore→jaune
20	β-Dinitrophénol (dinitro-2,6-phénol)	OH, O_2N, NO_2	0,1 ; 0,05 et 0,04	Eau	2,4 à 4,0 Incolore→jaune
21	Jaune de méthyle	$(CH_3)_2N$—, —N=N—	0,1 et 0,01	Alcool à 90 %	2,9 à 4,0 Rouge→jaune

22	Orangé de méthyle (élianthine, orangé III)	$(CH_3)_2N$–⟨C₆H₄⟩–N=N–⟨C₆H₄⟩–SO_3Na	0,1	Eau	3,1 à 4,4 Rouge→orangé-jaune λ_{max} 52 -464 nm
23	Bleu de bromophénol (tétrabromophénolsulfophtaléine)	HO, Br, Br, Br, Br, O, C, SO_3H	0,1	a. Alcool à 20 % b. Eau avec l'addition de 3,0 ml de NaOH 0,05 N par 100 mg d'indicateur	3,0 à 4,6 Jaune→bleu λ_{max} 436-592 nm
24	Bleu de bromochlorophénol	HO, Br, Cl, Br, Cl, O, C, SO_3H	0,04	a. Alcool à 20 % b. Eau avec l'addition de 3,2 ml de NaOH 0,05 N par 100 mg d'indicateur	3,0 à 4,8 Jaune→pourpre

Tableau 19 (suite)

nº	Indicateur	Formule	Concentration (%)	Solvant	Domaine de virage du *p*H et changement de couleur
25	Rouge Congo	H_2N, N=N, NaO_3S; N=N, NH_2, SO_3Na	0,1 et 1,0	Eau	3,0 à 5,2 Bleu-violet → rouge
26	Rouge d'alizarine S (alizarine S, alizarine-sulfonate de sodium), 1er virage (voir nº 61)	O, OH, OH, SO_3Na, O $\cdot H_2O$	0,1	Eau	3,7 à 5,2 Jaune → violet

27	Bleu de bromo-crésol (vert de bromocrésol)	Br, HO, CH_3, H_3C, Br, O, Br, Br, C, SO_3H	0,1	a. Alcool à 20 % b. Eau avec l'addition de 2,9 ml de NaOH 0,05 N par 100 mg d'indicateur	3,8 à 5,4 Jaune→bleu λ_{max} 444-617 nm
28	Rouge de α-naphtyle	—N=N— —NH_2	0,1	Alcool à 70 %	3,7 à 5,7 Violet→jaune brunâtre
29	γ-Dinitrophénol (dinitro-2,5-phénol)	OH, O_2N, NO_2	0,1 et 0,025	Eau	4,0 à 5,4 Incolore→jaune
30	Tournesol	$C_{12}H_9O_3N$	0,2 et 0,5	Alcool à 90 %	4,0 à 6,4 Rouge→bleu
31	Rouge de méthyle	HOOC, $(H_3C)_2N$— —N=N—	0,1 et 0,2	Alcool à 60 %	4,2 à 6,2 Rouge→jaune λ_{max}530-427 nm

Tableau 19 (suite)

n°	Indicateur	Formule	Concentration (%)	Solvant	Domaine de virage du *p*H et changement de couleur
32	Chrysoïdine	$C_6H_5-N{=}N-C_6H_3(NH_2)-NH_2\cdot HCl$	0,1	Eau	4,0 à 7,0 Orangé→jaune
33	Iodéosine (tétraiodofluorescéine)	HO, I, I, O, I, I, O, C, $C_6H_4-COONH_4$	0,1	Eau (on dissout de l'acide correspondant dans de l'alcool à 70 %)	4,5 à 6,5 Incolore→rouge
34	Hématoxyline	HO, OH, O, CH_2, C—OH, H—C, CH_2, HO, OH	0,5	Alcool à 90 %	5,0 à 6,0 Jaune→violet

35	Rouge de chlorophénol (dichlorophénolsulfophtaléine)	HO, Cl, C, O, Cl, SO_3H	0,1	a. Alcool à 20 % b. Eau avec l'addition de 4,7 ml de NaOH 0,05 N par 100 mg d'indicateur	5,0 à 6,6 Jaune→rouge
36	Rouge de bromophénol (dibromophénolsulfophtaléine)	HO, Br, C, O, Br, SO_3H	0,1 0,04	a. Alcool à 20 % b. Eau avec l'addition de 3,9 ml de NaOH 0,05 N par 100 mg d'indicateur	5,0 à 6,8 Jaune→rouge
37	*o*-Nitrophénol	OH, NO_2	0,1	Alcool à 50 %	5,0 à 7,0 Incolore→jaune

Tableau 19 (suite)

nº	Indicateur	Formule	Concentration (%)	Solvant	Domaine de virage du *p*H et changement de couleur
38	Pourpre de bromocrésol (dibromo-*o*-crésolsulfophtaléine)	HO, CH_3, CH_3, O, Br, C, Br, SO_3H	0,1	a. Alcool à 20 % b. Eau avec l'addition de 3,7 ml de NaOH 0,05 N par 100 mg d'indicateur	5,2 à 6,8 Jaune→pourpre λ_{max}433-591 nm
39	Jaune de nitrazine	OH, —N=N—, NaO_3S, SO_3Na, NO_2, —NO_2	0,1	Eau	6,0 à 7,0 Jaune→bleu-violet

40	*p*-Nitrophénol	OH, NO_2	0,1	Eau	5,6 à 7,6 Incolore → jaune
41	Bleu de bromothymol (dibromothymolsulfophtaléine)	Br, HO, CH_3, H_3C, $(CH_3)_2HC$, C, SO_3H, Br, O, $CH(CH_3)_2$	0,05 0,1	a. Alcool à 20 % b. Eau avec l'addition de 3,2 ml de NaOH 0,05 N par 100 mg d'indicateur	6,0 à 7,6 Jaune → bleu foncé λ_{max}433-617 nm

Tableau 19 (suite)

n°	Indicateur	Formule	Concentration (%)	Solvant	Domaine de virage du *p*H et changement de couleur
42	Acide rosolique (coralline-phtaléine, aurine, méthylaurine, coralline jaune)	HO, OH, C, CH_3, O	0,5 et 0,1	Alcool à 50 %	6,2 à 8,0 Jaune→rouge
43	Rouge neutre	$(H_3C)_2N$, N, N, CH_3, ·HCl, NH_2	0,1	Alcool à 60 %	6,8 à 8,4 Rouge→jaune ambré

44	Rouge de phénol (phénolsulfophtaléine)	HO O C SO_3H	0,1 0,05	a. Alcool à 20 % b. Eau avec l'addition de 5,7 ml de NaOH 0,05 N par 100 mg d'indicateur	6,8 à 8,4 Jaune→rouge λ_{max}433-558 nm
45	Bleu de quinoléine (cyanine)	H $H_{11}C_5$—N =C— $\overset{+}{N}$—C_5H_{11} I^-	1,0	Alcool à 90 %	7,0 à 8,0 Incolore→violet
46	*m*-Nitrophénol	OH NO_2	0,3	Eau	6,8 à 8,4 Incolore→jaune

Tableau 19 (suite)

n°	Indicateur	Formule	Concentration (%)	Solvant	Domaine de virage du *p*H et changement de couleur
47	Rouge de crésol (*o*-crésolsulfophtaléine)	HO, H_3C, C, O, CH_3, SO_3H	0,1	a. Alcool à 20 % b. Eau avec l'addition de 5,3 ml de NaOH 0,05 N par 100 mg d'indicateur	7,2 à 8,8 Jaune ambré→ rouge pourpre λ_{max}434-572 nm
48	α-Naphtolphtaléine	HO, O, C, O, C—HO	0,1 et 1,0	Alcool à 70 %	7,4 à 8,6 Jaune rose→ bleu-vert

49	Ethyle-*bis*-(dinitro-2,4-phényle)-acétate	—	0,1	Alcool	7,4 à 9,0 Incolore → bleu foncé
50	Pourpre de *m*-crésol, 2ème virage (voir n° 10)	Voir n°10			7,4 à 9,0 Jaune → pourpre
51	Tropéoline 000 (orangé II)	HO—N=N— SO_3Na	0,1 et 1,0	Eau	7,6 à 8,9 Jaune-vert → rose
52	Curcumine, 1er virage	O H H, OCH_3, OH H_2C C—C=C— OH, OCH_3	1,0	Alcool à 90 %	7,4 à 9,2 Jaune → brun-rouge
53	Bleu de thymol, 2ème virage (voir n° 11)	Voir n° 11			8,0 à 9,6 Jaune → bleu foncé λ_{max}430-596 nm

Tableau 19 (suite)

n°	Indicateur	Formule	Concentration (%)	Solvant	Domaine de virage du *p*H et changement de couleur
54	Bleu de xylénol, 2ème virage (voir n° 12)	Voir n° 12			8,0 à 9,6 Jaune → bleu foncé
55	*o*-Crésolphtaléine	HO, CH_3, CH_3, O, C, COOH	0,2 et 0,02	Alcool à 90 %	8,2 à 9,8 Incolore → rouge
56	Phénolphtaléine	HO, O, C, COOH	0,1 et 1,0	Alcool à 60 %	8,2 à 10 Incolore → pourpre λ_{max}-553 nm

57	α-Naphtolbenzoïne, 2ème virage (voir n° 2)	Voir n° 2			8,4 à 10,0 Jaune – bleu foncé
58	*p*-Xylénolphtaléine	HO, CH_3, H_3C, O, H_3C, CH_3, C, COOH	0,1	Alcool à 40 %	9,3 à 10,5 Incolore – bleu foncé
59	Thymolphtaléine	H_3C, CH_3, CH, H_3C, CH_3, CH, HO, O, H_3C, C, CH_3, COOH	0,1 0,04	Alcool à 90 % Alcool à 50 %	9,3 à 10,5 Incolore – bleu foncé λ_{max}-598 nm

Tableau 19 (suite)

nº	Indicateur	Formule	Concentration (%)	Solvant	Domaine de virage du *p*H et changement de couleur
60	Bleu de Nil	$[(C_2H_5)_2\overset{+}{N}$ … O … N … $NH_2]\ Cl^-$	0,1	Eau	10,1 à 11,1 Bleu foncé→rouge
61	Rouge d'alizarine S, 2ème virage (voir nº 26)	Voir nº 26			10,0 à 12,0 Violet→jaune pâle
62	Curcumine, 2ème virage (voir nº 52)	Voir nº 52			10,2 à 11,8 Brun-rouge→orangé-jaune
63	Violet de β-naphtol	NaO_3S … $-N{=}N-$ … $-NO_2$; NaO_3S … OH	0,04	Eau	10,0 à 12,1 Orangé-jaune→violet

64	Jaune d'alizarine GG (jaune salicylique)	HO— —N=N— ; COONa ; NO_2	0,1	Eau	10,0 à 12,1 Jaune clair→ orangé foncé
65	Jaune d'alizarine R	HO— —N=N— —NO_2 ; COONa	0,1	Eau	10,1 à 12,1 Jaune→lilas
66	Jaune d'alizarine RC	HO— —N=N— —NO_2 ; COONa ; SO_3Na	0,1	Eau	10,1 à 12,1 Jaune clair→ brun-rouge
67	Bleu d'alizarine BS	O OH OH N O $\cdot 2NaHSO_3$	0,05	Eau	11,0 à 13,0 Orangé-jaune→ vert-bleu
68	Tropéoline 0 (jaune doré, chrysoïne, jaune de résorcine)	HO— —N=N— —SO_3Na ; OH	0,1	Eau	11,0 à 13,0 Jaune→orangé-brun

Tableau 19 (suite)

n°	Indicateur	Formule	Concentration (%)	Solvant	Domaine de virage du *p*H et changement de couleur
69	Vert malachite, 2ème virage (voir n° 6)	Voir n° 6			11,5 à 13,2 Vert-bleuâtre→incolore
70	Trinitro-2,4,6-toluène	CH_3, O_2N, NO_2, NO_2	0,1 et 0,05	Alcool à 90 %	11,5 à 13,2 Incolore→orangé
71	Orangé G	HO, —N=N—, NaO_3S—, SO_3Na	0,1	Eau	11,5 à 14,0 Jaune→rouge

72	Carmin d'indigo (indigo-sulfonate de sodium)	O, C, NaO_3S, C=, N, H; H, N, =C, C, O, SO_3Na	0,25	Alcool à 50 %	11,6 à 14,00 Bleu foncé→jaune
73	Trinitro-1,3,5-benzène	NO_2, O_2N, NO_2	0,1 et 0,5	Alcool à 90 %	12,2 à 14,0 Incolore→orangé
74	Benzopurpurine 4B, 2ème virage (voir n° 18)	Voir n° 18			13,0 à 14,0 Orangé→rouge

Tableau 20

Produit ionique de l'eau aux températures de 0 à 100 °C

$K_w = a_{H^+} \cdot a_{OH^-}$ $\sqrt{K_w} = a_{H^+} = a_{OH^-}$

t °C	K_w	$\sqrt{K_w}$
0	$10^{-14,96} = 0,11 \cdot 10^{-14}$	$10^{-7,48} = 0,33 \cdot 10^{-7}$
5	$10^{-14,76} = 0,17 \cdot 10^{-14}$	$10^{-7,38} = 0,42 \cdot 10^{-7}$
10	$10^{-14,53} = 0,30 \cdot 10^{-14}$	$10^{-7,27} = 0,54 \cdot 10^{-7}$
15	$10^{-14,34} = 0,46 \cdot 10^{-14}$	$10^{-7,17} = 0,68 \cdot 10^{-7}$
16	$10^{-14,30} = 0,50 \cdot 10^{-14}$	$10^{-7,15} = 0,71 \cdot 10^{-7}$
17	$10^{-14,26} = 0,55 \cdot 10^{-14}$	$10^{-7,13} = 0,74 \cdot 10^{-7}$
18	$10^{-14,22} = 0,60 \cdot 10^{-14}$	$10^{-7,11} = 0,77 \cdot 10^{-7}$
19	$10^{-14,19} = 0,65 \cdot 10^{-14}$	$10^{-7,10} = 0,80 \cdot 10^{-7}$
20	$10^{-14,16} = 0,69 \cdot 10^{-14}$	$10^{-7,08} = 0,83 \cdot 10^{-7}$
21	$10^{-14,12} = 0,76 \cdot 10^{-14}$	$10^{-7,06} = 0,87 \cdot 10^{-7}$
22	$10^{-14,09} = 0,81 \cdot 10^{-14}$	$10^{-7,05} = 0,89 \cdot 10^{-7}$
23	$10^{-14,06} = 0,87 \cdot 10^{-14}$	$10^{-7,03} = 0,93 \cdot 10^{-7}$
24	$10^{-14,03} = 0,93 \cdot 10^{-14}$	$10^{-7,02} = 0,96 \cdot 10^{-7}$
25	$10^{-14,00} = 1,00 \cdot 10^{-14}$	$10^{-7,00} = 1,00 \cdot 10^{-7}$
26	$10^{-13,96} = 1,10 \cdot 10^{-14}$	$10^{-6,98} = 1,05 \cdot 10^{-7}$
27	$10^{-13,93} = 1,17 \cdot 10^{-14}$	$10^{-6,97} = 1,07 \cdot 10^{-7}$
28	$10^{-13,89} = 1,29 \cdot 10^{-14}$	$10^{-6,95} = 1,12 \cdot 10^{-7}$
29	$10^{-13,86} = 1,38 \cdot 10^{-14}$	$10^{-6,93} = 1,17 \cdot 10^{-7}$
30	$10^{-13,83} = 1,48 \cdot 10^{-14}$	$10^{-6,92} = 1,20 \cdot 10^{-7}$
31	$10^{-13,80} = 1,58 \cdot 10^{-14}$	$10^{-6,90} = 1,26 \cdot 10^{-7}$
32	$10^{-13,77} = 1,70 \cdot 10^{-14}$	$10^{-6,89} = 1,29 \cdot 10^{-7}$
33	$10^{-13,74} = 1,82 \cdot 10^{-14}$	$10^{-6,87} = 1,35 \cdot 10^{-7}$
34	$10^{-13,71} = 1,95 \cdot 10^{-14}$	$10^{-6,86} = 1,38 \cdot 10^{-7}$
35	$10^{-13,68} = 2,09 \cdot 10^{-14}$	$10^{-6,84} = 1,45 \cdot 10^{-7}$
36	$10^{-13,65} = 2,24 \cdot 10^{-14}$	$10^{-6,83} = 1,48 \cdot 10^{-7}$
37	$10^{-13,62} = 2,40 \cdot 10^{-14}$	$10^{-6,81} = 1,55 \cdot 10^{-7}$
38	$10^{-13,59} = 2,57 \cdot 10^{-14}$	$10^{-6,80} = 1,58 \cdot 10^{-7}$
39	$10^{-13,56} = 2,75 \cdot 10^{-14}$	$10^{-6,78} = 1,66 \cdot 10^{-7}$
40	$10^{-13,53} = 2,95 \cdot 10^{-14}$	$10^{-6,77} = 1,70 \cdot 10^{-7}$
50	$10^{-13,26} = 5,50 \cdot 10^{-14}$	$10^{-6,63} = 2,34 \cdot 10^{-7}$
60	$10^{-13,02} = 9,55 \cdot 10^{-14}$	$10^{-6,51} = 3,09 \cdot 10^{-7}$
70	$10^{-12,80} = 15,8 \cdot 10^{-14}$	$10^{-6,40} = 3,98 \cdot 10^{-7}$
80	$10^{-12,60} = 25,1 \cdot 10^{-14}$	$10^{-6,30} = 5,01 \cdot 10^{-7}$
90	$10^{-12,42} = 38,0 \cdot 10^{-14}$	$10^{-6,21} = 6,17 \cdot 10^{-7}$
100	$10^{-12,26} = 55,0 \cdot 10^{-14}$	$10^{-6,13} = 7,41 \cdot 10^{-7}$

Tableau 21

Dosage colorimétrique de *p*H des solutions *

Corrections de sel pour les indicateurs les plus importants à une force ionique différente
(La force ionique des solutions tampons utilisées comme témoins est de 0,1)

Indicateur	Force ionique							
	0,0025	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,5 (KCl)	0,5 (NaCl)
	Correction de sel							
Bleu de bromocrésol (vert de bromocrésol)	+0,21	+0,18	+0,16	+0,14	+0,05	0,00	−0,12	−0,16
Bleu de bromophénol	+0,15	+0,14	+0,14	+0,13	+0,10	0,00	−0,10	−0,18
Bleu de bromothymol	+0,14	+0,12	+0,11	+0,07	+0,04	0,00	−0,20	−0,28
Bleu de thymol (1er virage)	—	—	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bleu de thymol (2ème virage)	—	+0,16	+0,12	+0,09	+0,05	0,00	−0,12	−0,19
Orangé de méthyle	−0,04	−0,04	−0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Phénolphtaléine	—	+0,18	+0,12	+0,10	+0,05	0,00	−0,16	−0,21
Rouge de chlorophénol	—	+0,15	+0,13	+0,12	+0,05	0,00	−0,16	−0,19
Rouge de méthyle	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rouge de phénol	+0,14	+0,12	+0,11	+0,07	+0,04	0,00	−0,20	−0,29
Thymolphtaléine	—	—	+0,11	+0,09	+0,05	0,00	−0,19	—

* Sur le mode d'utilisation du *Tableau 21* voir pp. 566-568.

Tableau 22

Constantes de dissociation des indicateurs (pK_1 à différente force ionique)

(t est la température d'expérience)

A. Indicateurs unicolores

Indicateur	pK_1 (à force ionique nulle et aux températures différentes) $A = t - 20$ °C	pK_1 (t=20 °C) Force ionique (μ)			
		0,01	0,05	0,1	0,5
Rouge de pentaméthoxy	1,86+0,008 A	—	1,86	1,86	—
Rouge de quinaldine	2,63—0,007 A	2,80	—	2,90	3,10
α-Dinitrophénol	4,10—0,006 A	—	3,95	3,90	3,80 (KCl)
β-Dinitrophénol	3,70—0,006 A	—	3,95	3,90	3,80 (KCl)
γ-Dinitrophénol	5,20—0,0045 A	—	5,12	5,10	5,00 (NaCl)
p-Nitrophénol	7,00—0,011 A	—	—	—	—
m-Nitrophénol	8,35—0,01 A	—	8,30	8,25	8,15 (NaCl)

Tableau 22 (suite)

B. Indicateurs bicolores

Indicateur	pK_1 (force ionique est nulle)	pK_1 (t=20 °C) Force ionique (μ) 0,01	0,05	0,1	0,5
Bleu de thymol (domaine acide) *	1,65 (15 à 30 °C)	—	1,65	1,65	1,65
Orangé de méthyle *	3,46 à 0,014 (t=20 °C)	3,46	3,46	3,46	3,46
Bleu de bromophénol	4,10 (15 à 20 °C)	4,06	4,00	3,85	3,75 (KCl)
Bleu de bromocrésol (vert de bromocrésol)	4,90 (15 à 30 °C)	4,80	4,70	4,66	4,50 (KCl) 4,42 NaCl)
Rouge de méthyle *	5,00 à 0,006 (t=20 °C)	5,00	5,00	5,00	5,00
Rouge de chlorophénol	6,25 à 0,005 (t=20 °C)	6,15	6,05	6,00	5,9 (KCl) 5,85 (NaCl)
Pourpre de bromocrésol	6,40 à 0,005 (t=20 °C)	6,28	6,21	6,12	5,9 (KCl) 5,8 (NaCl)
Bleu de bromothymol	7,30 (15 à 30 °C)	7,19	7,13	7,10	6,9 (KCl) 6,8 (NaCl)
Rouge de phénol	8,00 à 0,007 (t=20 °C)	7,92	7,84	7,81	7,6 (KCl) 7,5 (NaCl)
Bleu de thymol	9,20 (15 à 30 °C)	9,01	8,95	8,90	—

* L'orangé de méthyle, le rouge de méthyle et le bleu de thymol (domaine acide) présentent l'avantage d'avoir des constantes peu sensibles à l'influence des électrolytes même ayant une force ionique de 0,5.

Tableau 23

Certains indicateurs mixtes *

L'indice de titrage pT est la valeur du pH pour laquelle l'observateur fixe nettement le virage de l'indicateur et considère le titrage comme terminé. C'est une grandeur en quelque sorte conventionnelle, elle dépend de l'opérateur.

Indice de titrage (pT)	Constituants	Proportion des volumes	Coloration de l'indicateur	
			en milieu acide	en milieu basique
3,25	Jaune de méthyle, solution alcoolique à 0,1 % Bleu de méthyle, solution alcoolique à 0,1 %	1:1	Bleu-violet	Vert
4,1	Orangé de méthyle, solution aqueuse à 0,1 % Carmin d'indigo, solution aqueuse à 0,25 %	1:1	Violet	Vert
4,3	Bleu de bromocrésol, sel sodique, solution aqueuse à 0,1 % Orangé de methyle, solution aqueuse à 0,2 %	1:1	Jaune	Bleu-vert
5,1	Bleu de bromocrésol, solution alcoolique à 0,1 % Rouge de méthyle, solution alcoolique à 0,2 %	3:1	Rouge vin	Vert

5,4	Rouge de méthyle, solution alcoolique à 0,2 % Bleu de méthylène, solution alcoolique à 0,1 %	1:1	Rouge-violet	Vert
6,1	Bleu de bromocrésol, sel sodique, solution aqueuse à 0,1 % Rouge de chlorophénol, sel sodique, solution aqueuse à 0,1 %	1:1	Jaune-vert	Bleu-violet
6,7	Pourpre de bromocrésol, sel sodique, solution aqueuse à 0,1 % Bleu de bromothymol, sel sodique, solution aqueuse à 0,1 %	1:1	Jaune	Bleu-violet
7,0	Rouge neutre, solution alcoolique à 0,1 % Bleu de méthylène, solution alcoolique à 0,1 %	1:1	Violet-bleu	Vert
7,2	Rouge neutre, solution alcoolique à 0,1 % Bleu de bromothymol, solution alcoolique à 0,1 %	1:1	Rose	Vert
7,5	Bleu de bromothymol, sel sodique, solution aqueuse à 0,1 % Rouge de phénol, sel sodique, solution aqueuse à 0,1 %	1:1	Jaune	Violet

* Les indicateurs sont conservés dans les fioles en verre fumé.

Tableau 23 (suite)

Indice de titrage (pT)	Constituants	Proportion des volumes	Coloration de l'indicateur	
			en milieu acide	en milieu basique
8,3	Rouge de crésol, sel sodique, solution aqueuse à 0,1 % Bleu de thymol, sel sodique, solution aqueuse à 0,1 %	1:3	Jaune	Violet
8,9	α-Naphtolphtaléine, solution alcoolique à 0,1 % Phénolphtaléine, solution alcoolique à 0,1 %	1:3	Rose pâle	Violet
9,0	Bleu de thymol, solution à 0,1 % dans l'alcool à 50 % Phénolphtaléine, solution à 0,1 % dans l'alcool à 50 %	1:3	Jaune	Violet
9,9	Phénolphtaléine, solution alcoolique à 0,1 % Thymolphtaléine, solution alcoolique à 0,1 %	1:1	Incolore	Violet
10,2	Thymolphtaléine, solution alcoolique à 0,1 % Jaune d'alizarine, solution alcoolique à 0,1 %	2:1	Jaune	Violet

Tableau 24

Indicateurs universels

1. On dissout 100 mg de phénolphtaléine, 200 mg de rouge de méthyle, 300 mg de jaune de méthyle, 400 mg de bleu de bromothymol et 500 mg de bleu de thymol dans 500 ml d'alcool à 96 %, on y ajoute ensuite de la solution de NaOH 0,1 N jusqu'à l'apparition de la couleur jaune pure (*p*H 6).

Couleur..	Rouge	Orangé	Jaune	Vert	Bleu
*p*H	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0

2. On prépare un mélange de 15 ml de solution à 0,1 % de jaune de méthyle, de 5 ml de solution à 0,1 % de rouge de méthyle, de 20 ml de solution à 0,1 % de bleu de bromothymol, de 20 ml de solution à 0,1 % de phénolphtaléine et de 20 ml de solution à 0,1 % de thymolphtaléine.

Couleur	Rose	Rouge-orangé	Orangé
*p*H	1,0	3,0	4,0
Couleur	Jaune-orangé	Jaune citron	Jaune-vert
*p*H	5,0	6,0	7,0
Couleur	Vert	Bleu-vert	Violet
*p*H	8,0	9,0	10,0

3. On dissout 70 mg de tropéoline 00, 100 mg d'orangé de méthyle, 80 mg de rouge de méthyle, 400 mg de bleu de bromothymol, 500 mg de phénolphtaléine et 100 mg de jaune d'alizarine R dans 100 ml d'alcool à 50 %.

Couleur	Orangé-rouge	Rouge-orangé	Orangé
*p*H	2,0	3,0	4,0
Couleur	Jaune-orangé	Orangé-jaune	Jaune
*p*H	5,0	6,0	6,5
Couleur	Vert-jaune	Vert	Vert-bleu clair
*p*H	7,0	8,0	9,0
Couleur	Bleu-violet	Violet	Rouge-violet
*p*H	9,5	10,0	12,0

Tableau 24 (suite)

4. On dissout 100 mg de rouge de méthyle, 100 g de bleu de bromothymol, 100 mg de α-naphtolphtaléine, 100 mg de phénolphtaléine et 100 mg de thymolphtaléine dans 500 ml d'alcool à 96 %.

Couleur	Rouge	Orangé	Jaune	Vert-jaune
*p*H	4,0	5,0	6,0	7,0
Couleur	Vert	Bleu-vert	Bleu-violet	Rouge-violet
*p*H	8,0	9,0	10,0	11,0

16

Tableau 25

Indicateurs de fluorescence les plus importants

nº	Indicateur	Formule	Domaine de virage du *p*H	Changement de fluorescence
1	β-Méthylombelliférone (méthyl-4-ombelliférone, hydroxy-7-méthyle-4-coumarine), 1er virage (voir nº 18)	HO O O CH^3	0,0 à 2,0	Vert → bleu clair
2	Benzoflavine	H ^+N H_2N NH_2 Cl^- H_3C CH_3 C	0,3 à 1,7	Jaune → vert

Tableau 25 (suite)

n°	Indicateur	Formule	Domaine de virage du *p*H	Changement de fluorescence
3	Ethoxy-4-acridone	O, C, N, H, OC_2H_5	1,4 à 3,2	Vert → bleu
4	Esculine	$C_6H_{11}O_5$—O, HO, O, O	1,5 à 2,0	Absence → bleu
5	Naphtylaminesulfamide-1,5, 1er virage	NH_2, H_2NO_2S	2,0 à 4,0	Accroissement de la fluorescence jaune-orangé

6	Floxine (dichloro-3′,6′-tétrabromo-2,4,5,7-fluorescéine)	Cl Cl COOH C Br Br O OH O Br Br	2,0 à 4,0	Absence – jaune-orangé
7	Acide salicylique	OH COOH	2,5 à 3,5	Accroissement de la fluorescence bleu clair
8	Eosine (tétrabromo-fluorescéine)	COOH C Br Br O OH O Br Br	2,5 à 4,5	Accroissement de la fluorescence jaune-vert

Tableau 25 (suite)

nº	Indicateur	Formule	Domaine de virage du *p*H	Changement de fluorescence
9	β-Naphtylamine	NH_2	2,8 à 4,4	Accroissement de la fluorescence violette
10	Erythrosine (tétraiodofluorescéine)	COOH C I I O O OH I I	3,0 à 4,2	Accroissement de la fluorescence bleu-vert
11	Diméthylnaphteurhodine	$(CH_3)_2N$ N N	3,2 à 3,8	Lilas – orangé

12	α-Naphtylamine (naphtylamine-1), 1[er] virage (voir n° 32)	NH_2	3,4 à 4,8	Accroissement de la fluorescence bleue
13	Acide chromotropique	HO OH HO_3S SO_3H	3,5 à 6,0	Accroissement de la fluorescence bleue
14	Fluorescéine	COOH C O OH O	4,0 à 5,0	Accroissement de la fluorescence verte
15	Acide quinique	$C_6H_7(OH)_4COOH$	4,5 à 5,0	Jaune → bleu clair
16	Quinine, 1[er] virage (voir n° 28)	$C_{20}H_{24}O_2N_2$	3,8 à 6,1	Bleu clair → violet

Tableau 25 (suite)

nº	Indicateur	Formule	Domaine de virage du *p*H	Changement de fluorescence
17	Acridine	N	4,8 à 6,6	Vert – violet bleu
18	β-méthylombelliférone, 2ème virage (voir nº 1)	Voir nº 1	5,0 à 7,6	Accroissement de la fluorescence bleue
19	β-Naphtoquinoléine	N	5,0 à 8,0	Bleu vif – violet pâle
20	Dihydroxy-3,6-phtalimide	OH, O, C, NH, C, OH, O	6,0 à 8,0	Vert – jaune-vert

21	Ombelliférone	HO, O, O	6,5 à 7,6	Absence → bleu
22	β-Naphtol (naphtol-2)	OH	7,0 à 8,5	Bleu clair → bleu-violet
23	Dicyanehydroquinone-2,3	OH, CN, CN, OH	6,8 à 8,8	Bleu → vert
24	Acide naphtoldisulfonique, sel dipotassique	KO_3S, OH, KO_3S	7,4 à 9,0	Accroissement de la fluorescence bleue

Tableau 25 (suite)

n°	Indicateur	Formule	Domaine de virage du *p*H	Changement de fluorescence
25	Morine (penta-3,5,7,2′,4′-hydroxyflavone)	O, OH, C, OH, HO, O, HO, OH	7,0 à 10,0	Vert → jaune
26	Acide naphtoldisulfonique, sel disodique	OH, NaO_3S, SO_3Na	8,0 à 10,6	Accroissement de la fluorescence bleue
27	Euchrysine 3R (base d'orangé d'acridine)	N, $(CH_3)_2N$, $N(CH_3)_2$, C, H	8,4 à 10,4	Orangé → vert
28	Quinine, 2ème virage (voir n° 16)	Voir n° 16	9,5 à 10,5	Violet → absence

29	Naphtylaminosulfamide-1,5 ; 2ème virage	Voir n° 5	9,5 à 13,0	Jaune-orangé → vert
30	Coumarine	O, C=O	9,8 à 12,0	Vert foncé → jaune clair
31	SS-Acide	H_2N, OH, HO_3S, SO_3^-	10,0 à 12,0	Violet → vert
32	α-Naphtylamine, 2ème virage (voir n° 12)	Voir n° 12	12,0 à 13,0	Décroissance de la fluorescence bleue
33	Acide naphtionique	NH_2, SO_3H	11,5 à 14,0	Violet-bleu → vert bleuâtre

Tableau 26

Certains indicateurs de chimiluminescence

Indicateur	Formule	Le pH auquel apparaît la luminescence
N,N′-Diméthylbiacridène	$H_3C—N$ … $N—CH_3$	~9
Lophine (triphényl-2,4,5-imidazole, triphényl-2,4,5-glyoxaline)	C—H, C, C, N—H	8,9 à 9,4

Lucigénine	$NO_3^-H_3C-\overset{+}{N}$ … $\overset{+}{N}-CH_3NO_3^-$	9,0 à 10,0
Luminol	H H, N–N, O=C, C=O, H_2N	8,0 à 8,5

Tableau 27

Indicateurs d'absorption les plus importants

n°	Indicateur	Formule	Ion de réactif titrant	Ion à déterminer	Virage
1	Rouge d'alizarine S (solution aqueuse à 0,4 %)	Voir *Tableau 19*, n° 26 (p. 216)	Pb^{2+}	$Fe(CN)_6^{4-}$	Jaune → rose rouge
2	Rose bengale (dichloro-3′,6′-tétraiodo-2,4,5,7-fluorescéine, sel potassique) (solution aqueuse à 0,5 %)		Ag^+	I^-	Rose → violet
3	Bleu de bromocrésol (vert de bromocrésol) (solution à 1 % dans l'alcool à 20 %)	Voir *Tableau 19*, n° 27 (p. 217)	Ag^+	Cl^-	Violet → bleu verdâtre

4	Bleu de bromophénol (solution alcoolique à 0,1 % ou solution aqueuse de sel sodique à 0,1 %)	Voir *Tableau 19*, nº 23 (p. 215)	Ag^+	Cl^-, Br^-, SCN^- I^-	Jaune → bleu Jaune-vert → bleu-vert
5	Diphénylcarbazide	C_6H_5—NH—NH—C(=O)—NH—NH—C_6H_5	Hg_2^{2+}	Cl^-, Br^-	Incolore → violet
6	Diphénylcarbazone (solution alcoolique à 0,2 %)	C_6H_5—NH—NH—C(=O)—N=N—C_6H_5	Ag^+	Cl^- Br^-, I^- SCN^-	Rouge clair → violet Jaune → vert Rose → bleu
7	Dichloro-3,6-fluorescéine (solution à 0,1 % dans l'alcool à 60-70 % ou solution aqueuse à 0,1 % de sel sodique)	HO, O, O, C, Cl, COOH, Cl (formule développée)	Ag^+	Cl^-, Br^- SCN^- I	Rouge-violet bleu-violet Rose → rouge-violet Jaune-vert → orangé

Tableau 27 (suite)

nº	Indicateur	Formule	Ion de réactif titrant	Ion à déterminer	Virage
8	Rouge Congo (solution aqueuse à 0,1 %)	Voir *Tableau 19*, nº 25 (p. 216)	Ag^+	Cl^-, Br^-, I^-	Rouge → bleu
9	Rhodamine 6G (solution aqueuse à 0,1 %)	H_5C_2HN … O … $\overset{+}{N}HC_2H_5$ … C … $COOC_2H_5$ … Cl^-	Ag^+	Br^-, Cl^-	Rouge-violet → orangé
10	Tartrazine	NaO_3S—C₆H₄—N= ; =N—CH—C=O ; NaOOC—C … N—C₆H₄—SO_3Na ; N	Ag^+	Cl^-, Br^-, I^-, SCN^-	Vert-jaune → jaune-brun
11	Tropéoline 00 (solution aqueuse à 1 %)	Voir *Tableau 19*, nº 14 (p. 212)	Ag^+	Cl^-	Jaune → rose

12	Phénosafranine (solution aqueuse à 0,1 %)	N; H_2N; $\overset{+}{N}$; NH_2; Cl^-	Ag^+	Cl^- Br^-	Violet → rose Rouge-violet → bleu
13	Fluorescéine (solution alcoolique à 0,1 %)	Voir *Tableau 25*, n° 14 (p. 245)	Ag^+	Cl^-, Br^-, SCN^- I^-	Jaune-vert → rose Jaune-vert → orangé
14	Fuchsine (magenta) (solution alcoolique à 0,1 %)	H_2N; NH_2; H_3C; C; Cl^-; H_2N^+	Ag^+	Cl^- Br^-, I^- SCN^-	Rouge-violet → rose Orangé → rose Bleuâtre → rose
15	Eosine (solution aqueuse à 0,5 % de sel sodique ou solution à 0,1 % dans l'alcool à 60-70 %)	Voir *Tableau 25*, n° 8 (p. 243)	Ag^+	Br^-, I^-, SCN^-	Orangé → rouge intense
16	Erythrosine (solution aqueuse à 0,5 %)	Voir *Tableau 25*, n° 10 (p. 244)	Pb^{2+}	MoO_4^{2-}	Orangé → rouge foncé

Tableau 28

Indicateurs de complexométrie les plus utilisés

n°	Indicateur	Formule
1	Rouge d'alizarine S	Voir *Tableau 19*, n° 26 (p. 216)
2	Arsénazo I	Voir *Tableau 49*, n° 15 (p. 434)
3	Benzidine	$H_2N-C_6H_4-C_6H_4-NH_2$
4	Berrylon II	NaO_3S, SO_3Na, $N{=}N$, OH, OH OH, NaO_3S, SO_3Na $\cdot 4H_2O$

* T. R. signifie les terres rares.

Concentration	Ions à doser	Conditions du dosage	Virage lors du titrage direct
Solution aqueuse à 0,05 %	Th^{IV}, T. R. * Sc^{3+} Al^{3+}	*p*H 2,2 à 3,4 *p*H 2 *p*H 3,5 à 3,6 ; titrage en retour par le nitrate de thorium	Rose → jaune Jaune → rose
—	Pu^{IV} Th^{IV} U^{IV} T. R. * Ca^{2+}, Mg^{2+}	0,1 à 0,2 M HCl *p*H 1,6 à 3 *p*H 1,7 *p*H 7 *p*H 10	Violet → rose
Solution à 1 % dans l'acide acétique glacial	Al^{3+}, Bi^{3+}, Fe^{3+}, Ga^{3+}, Sn^{IV}, Ti^{IV}	Solution tampon : 500 g d'acétate d'ammonium et 20 ml d'acide acétique glacial dans 1 l. Addition de $Fe(CN)_6^{4-}$ et de $Fe(CN)_6^{3-}$ suivie du titrage en retour par l'acétate de zinc	Incolore → bleu
Solution aqueuse à 0,02 %	Be^{2+} Mg^{2+}	*p*H 12 à 13,2 *p*H 10	Bleu → violet Bleu-violet → violet-rouge

n°	Indicateur	Formule
5	Rouge de bromopyrogallol, BPR	O, Br, C, SO_3H
6	Bleu de variamine B	CH_3O— —NH— —$NH_2 \cdot HCl$
7	Hématoxylinc	Voir *Tableau 19*, n° 34 (p. 218)
8	Glyoxal-*bis*-(hydroxy-2-anile) (GBHA)	OH HO N=CH—CH=N

Tableau 28 (suite)

Concentration	Ions à doser	Conditions du dosage	Virage lors du titrage direct
Solution à 0,5 % dans l'alcool à 50 %	Bi^{3+}	*p*H 2 à 3 ; HNO_3	Rouge → orangé-jaune
	Pb^{2+}	*p*H 5 à 6	Bleu-violet → rouge
	Ni^{2+}, Co^{2+}, Cd^{2+}	*p*H 9,3, tampon d'ammoniac	Bleu → rouge vin
	Mg^{2+}, Mn^{2+}	*p*H 10, tampon d'ammoniac	Bleu → violet-rouge
	Pd^{2+}, Tl^{3+}, Fe^{3+}, In^{3+}, Ga^{3+}	Titrage en retour par le sel de plomb ou de bismuth	
Solution aqueuse à 1 %	Fe^{3+}	*p*H 1,7 à 3	Bleu-violet → jaune
	Cd^{2+}, Zn^{2+}	*p*H 5, en présence des traces de $Fe(CN)_6^{4-}$ et de $Fe(CN)_6^{3-}$	Violet → incolore
	Al^{3+}, Pb^{2+}, Zr^{IV}	Titrage en retour par le sel de zinc	
Solution à 0,5 % dans l'alcool à 90 %	Al^{3+}	*p*H 6, titrage en retour par le sel d'aluminium	Jaune-vert → rose
	Bi^{3+}	*p*H 1 à 2, HNO_3	Rose → jaune pâle
	Th^{IV}	*p*H 2	Orangé → jaune
	Zr^{IV}	*p*H 1 à 1,5	Rose → jaune
—	Ca^{2+}	*p*H 13 (en présence de KCN le point terminal est plus net)	Rose → jaune

n°	Indicateur	Formule
9	Bleu de glycine-thymol (GTB)	H_3C CH_3 H_3C CH_3 CH CH HO O $HOOCH_2CHNH_2C$ C CH_2NHCH_2COOH CH_3 SO_3H
10	Diméthyl-3,3′-naphtidine (DMN)	H_2N— —NH_2 H_3C CH_3
11	Dithizone	Voir *Tableau 49*, n° 49 (p. 450)
12	Diphényl-carbazone	Voir *Tableau 27*, n° 6 (p. 253)

Tableau 28 (suite)

Concentration	Ions à doser	Conditions du dosage	Virage lors du titrage direct
Solution aqueuse à 0,1 %	Cu^{2+} Zn^{2+}	*p*H 5 à 6, tampon d'urotropine *p*H 7,5, tampon de pyridine	Bleu → jaune
Solution à 1 % dans l'acide acétique glacial	Zn^{2+} Al^{3+}, Cd^{2+}, Cu^{2+}, Ni^{2+}, Pd^{2+}	*p*H 5, en présence de $Fe(CN)_6^{3-}$ *p*H 5, titrage en retour en présence de $Fe(CN)_6^{3-}$	Violet → incolore
Solution à 0,075 % dans l'alcool éthylique	Cd^{2+} Zn^{2+} Ni^{2+} Pb^{2+} Al^{3+}	*p*H 4,5, alcool à 50 % *p*H 4 à 6, alcool à 50 % ou le diméthylcétone *p*H 4,5, alcool à 60 % *p*H 4,7 à 5,4, alcool à 50 % en présence du tampon d'urotropine *p*H 4 à 5, alcool à 50 %, titrage en retour par le sel de zinc	Rose → jaune Rose → bleu clair, vert ou jaune suivant le *p*H Rose → jaune Rose → jaune
Solution alcoolique à 0,2 %	Hg^{2+} Pb^{2+}	*p*H 1, HCl-KCl *p*H 4,5 à 6,5, tampon d'acide acétique-acétate	Bleu-violet → incolore Rouge → incolore

n°	Indicateur	Formule
13	Calcone (bleu-noir Eriochrome R, Erio R)	HO HO —N=N— —H_3OS
14	Calcéine	
15	Calcess (colorant de Patton-Reeder, HHSNN)	OH HO NaO_3S— —N=N— —COOH
16	Calcion	HO N=N— HO N=N— HO OH NaO_3S SO_3Na NaO_3S SO_3Na NaO_3S SO_3Na $\cdot H_2O$

Tableau 28 (suite)

Concentration	Ions à doser	Conditions du dosage	Virage lors du titrage direct
—	Ca^{2+} Cd^{2+} Mg^{2+}, Mn^{2+}, Zn^{2+}	*p*H 14,5, NH_3 *p*H 12,5 à 13, NaOH *p*H 11,5, NH_3 *p*H 10, tampon d'ammoniac	Rose → bleu clair

(Voir Fluorexone, n° 43)

Mélange à 1 % de chlorure de sodium solide	Ca^{2+}	*p*H 12 à 14	Rouge vin → bleu
—	Ca^{2+}	*p*H > 12	Framboise → bleu vif

n°	Indicateur	Formule
17	Rouge d'alizarine acide B ; rouge Eriochrome RE	COOH HO SO_3Na —N═N— SO_3Na
18	Bleu au chrome acide K	HO HO OH N═N NaO_3S SO_3Na NaO_3S
19	Vert foncé au chrome acide G (palatine vert au chrome)	OH OH NH_2 N═N NaO_3S SO_3Na NO_2

Tableau 28 (suite)

Concentration	Ions à doser	Conditions du dosage	Virage lors du titrage direct
Solution aqueuse à 0,35 % (10 ml) avec l'addition d'une solution aqueuse à 0,02 % de bleu de méthylène (10 ml), d'une solution à 0,4 % de sel de calcium (à raison de Ca^{2+}) (5 ml) et de l'eau (25 ml)	Ca^{2+}	*p*H 13	Jaune → orangé-rouge
Solution aqueuse	Ca^{2+}	*p*H 12	Rose → gris-bleu
	Mg^{2+}	*p*H 10 à 11, tampon d'ammoniac	
	C^{2+}, Zn^{2+}	*p*H 9 à 10, tampon d'ammoniac	
	Mn^{2+}	*p*H 10, tampon d'ammoniac	
	Pb^{2+}	*p*H 10, en présence du tartrate	
Solution aqueuse à 0,5 %	Ca^{2+}	$pH > 12$ Utilisé en association avec une solution aqueuse à 0,25 % de jaune de naphtol en proportion 1 : 2 (hydrone II)	Orangé brunâtre → vert
	Ga^{3+}	*p*H 3	Bleu → rose

n°	Indicateur	Formule
20	Noir au chrome acide spécial (noir au chrome spécial ET 00 ; Voir Eriochrome T)	NaO_3S — naphtalène(OH, O_2N) —N=N— naphtalène(OH)

Tableau 28 (suite)

Concentration	Ions à doser	Conditions du dosage	Virage lors du titrage direct
Mélange à 1 % d'indicateur et de chlorure de sodium	Al^{3+}	*p*H 7 à 8, titrage en retour par le sel de zinc en présence de la pyridine	Rouge vin → bleu
	Ba^{2+}	*p*H 10, titrage en présence du complexonate de magnésium	
	Bi^{3+}	*p*H 9 à 10, titrage en retour par le sel de zinc	
	Ca^{2+}	*p*H 10, addition du complexonate de magnésium	
	Cd^{2+}, Co^{2+}, Mg^{2+}, Zn^{2+}	*p*H 10	
	Cr^{3+}	Milieu basique, titrage en retour par le sel de manganèse	
	Fe^{3+}, Ti^{IV}	Titrage en retour par le sel de zinc en présence de la pyridine	
	Ga^{3+}	*p*H 6,5 à 9,5, titrage en retour par le sel de zinc	
	Hg^{2+}	*p*H 9 à 10, addition du complexonate de magnésium	
	In^{3+}	*p*H 8 à 10, en présence du sel de Seignette	
	Mn^{2+}	*p*H 10, addition de l'hydroxylamine	
	Ni^{2+}, Pb^{2+}	*p*H 10, titrage en retour par le sel de magnésium ou de zinc	
	Tl^{3+}	*p*H 10, titrage en retour par le sel de magnésium ou addition du complexonate de magnésium	
	V^{IV}	*p*H 10, titrage en retour par le sel de manganèse	

n°	Indicateur	Formule
21	Orangé de xylénol	$HOOCH_2C$, $HOOCH_2C$ N—CH_2 H_2C—N CH_2COOH, CH_2COOH; HO, H_3C, O, CH_3, C, SO_3H
22	Magneson	NaO_3S, OH, HO, —N=N—, Cl, $\cdot H_2O$

* T. R. signifie les terres rares.

Tableau 28 (suite)

Concentration	Ions à doser	Conditions du dosage	Virage lors du titrage direct
Solution à 0,5 % dans l'éthanol	Bi^{3+}	*p*H 1 à 3, HNO_3	Rouge → jaune
	Th^{IV}	*p*H 1,7 à 3,5, HNO_3	
	Zr^{IV}	HNO_3 1 M, 90 °C	
	Sc^{3+}	*p*H 2,2 à 5	
	In^{3+}	*p*H 3 à 3,5, tampon d'acétate, solution chaude	
	Hg^{2+}, Tl^{3+}	*p*H 4 à 5, tampon d'acétate	
	Cd^{2+}, Fe^{2+}	*p*H 5 à 6, tampon d'urotropine	
	Co^{2+}	*p*H 5 à 6, tampon d'urotropine, 80 °C	Rouge-violet → jaune
	T. R.$^{3+}$ *	*p*H 5 à 6, tampon d'urotropine, solution chaude	Rouge → jaune
	Pb^{2+}	*p*H 5, tampon d'acétate ou *p*H 6, tampon d'urotropine	
	Zn^{2+}	*p*H 5 à 6, tampon d'acétate, *p*H 7, tampon d'urotropine	
	Fe^{3+}	*p*H 1,5, en présence de Fe^{2+}, atmosphère de CO_2, 60 °C	Bleu-violet → jaune
	Al^{3+}, Fe^{3+}, Ga^{3+}, Ni^{2+}, Pd^{2+}, Sn^{IV}, U^{IV}, VO^{2+}	Titrage en retour par le sel de thorium (IV)	
Solution à 0,01 % dans l'eau ou acétonique	Mg^{2+}	*p*H 9,8 à 11,2	Rouge → bleu
	Ca^{2+}, Cd^{2+}	*p*H 11,5, NH_3	
	Ba^{2+}, Sr^{2+}	*p*H 12,5, $(C_2H_5)_2NH$, tampon d'acétate;	
	Ni^{2+}	*p*H 4, solution chaude	Rouge → orangé

n°	Indicateur	Formule
23		Métalphtaléine
24	Bleu de méthylthymol (BMT)	H_3C CH_3 H_3C CH_3 CH CH HO O $HOOCH_2C$ $HOOCH_2C$ $N-CH_2$ CH_2COOH H_2C-N CH_2COOH CH_3 C CH_3 SO_3H

* T. R. signifie les terres rares.

Tableau 28 (suite)

Concentration	Ions à doser	Conditions du dosage	Virage lors du titrage direct
(Voir Phtaléinecomplexone, n° 44)			
Mélange solide d'indicateur et de KNO_3 en proportion 1 : 100	Ba^{2+}, Sr^{2+}	*p*H 10 à 11, tampon d'ammoniac	Bleu → gris
	Ca^{2+}	*p*H 12, NH_3 ou NaOH	
	Mg^{2+}	*p*H 10 à 11,5, tampon d'ammoniac	
	Bi^{3+}	*p*H 1 à 3, HNO_3	Bleu → jaune
	Cd^{2+}, Co^{2+}	*p*H 5 à 6, tampon d'urotropine	
		*p*H 12, NH_3	Bleu → gris ou incolore
	Cu^{2+}	*p*H 11,5, NH_3	Bleu → incolore ou gris-vert
	Fe^{2+}	*p*H 4,5 à 6,5, tampon d'urotropine	Bleu → jaune
	Hg^{2+}	*p*H 6, tampon d'urotropine	
	In^{3+}	*p*H 3 à 4, tampon d'acétate	
	Mn^{2+}	*p*H 6 à 6,5, tampon d'urotropine	Bleu → jaune
		*p*H 11,5, NH_3	Bleu → gris
	Pb^{2+}	*p*H 6, tampon d'urotropine	Bleu → jaune
		*p*H 12, NH_3, en présence du tartrate	Bleu → gris
	T. R. *	*p*H 6, tampon d'urotropine	Bleu → jaune
		*p*H 2,2, HNO_3	
	Sn^{2+}	*p*H 5,5 à 6, pyridine + + acétate + F^-	Bleu → jaune
	Zn^{2+}	*p*H 6 à 6,5, tampon d'urotropine	Bleu → jaune
		*p*H 12, NH_3	Bleu → gris
	Zr^{IV}	*p*H 1 à 2, acide chloracétique, 90 °C	Bleu → rouge
	Ga^{3+}, In^{3+}	*p*H 4,5 à 6, tampon d'acétate	Disparition de la fluorescence

n°	Indicateur	Formule
25	Morine	Voir *Tableau 25*, n° 25 (p. 248)
26	Murexide	HN—CO OC—NH OC C—N=C CO HN—C OC—NH ONH$_4$·H$_2$O
27	Jaune de naphtol	O_2N NaO— —NO_2 NaO_3S
28	Naphtylazoxine	HO_3S —N=N— N OH

Tableau 28 (suite)

Concentration	Ions à doser	Conditions du dosage	Virage lors du titrage direct
	Ga^{3+}, In^{3+}	*p*H 4,5 à 6, tampon d'acétate	Disparition de la fluorescence
Mélange à 0,2 % d'indicateur et de chlorure de sodium solide	Ca^{2+}	*p*H ≥ 12	Rouge → violet
	Co^{2+}	*p*H 8, NH_3	Orangé → violet (pour Co^{2+}, Cu^{2+} et Ni^{2+}, accolade)
	Cu^{2+}	*p*H 7 à 8, NH_3	
	Ni^{2+}	*p*H 8,5 à 9,5, NH_3	
	Ag^{+}	*p*H 10 à 11,5, NH_3	Rouge → violet
	Pd^{2+}	Addition de $K_2Ni(CH)_4$ + + NH_4OH	Jaune → violet
Utilisé en association avec le vert foncé au chrome acide G (n° 19)			
—	Cu^{2+}	*p*H 3,5 à 6,5, tampon d'acétate	Jaune → rouge
		*p*H 9,3, tampon d'ammoniac	Jaune-vert → rose
	Mn^{2+}	*p*H 6,7 à 7,0, tampon d'acétate	Jaune → rouge
	Ni^{2+}	*p*H 5,5, à 6,5, tampon d'acétate ou de pyridine	
	Pb^{2+}	*p*H 6 à 6,5, tampon d'acétate ou de pyridine	

n°	Indicateur	Formule
29	Rose d'hydroxy-hydroquinone (hydroxyhy-droquinonesul-fophtaléine)	O HO O HO OH C SO_3H
30	(Pyridyl-2-azo)-1-naphtol-2 (PAN)	—N=N— N HO

* T. R. signifie les terres rares.

Tableau 28 (suite)

Concentration	Ions à doser	Conditions du dosage	Virage lors du titrage direct
Solution aqueuse à 0,1 %	Th^{IV}, Bi^{3+}	*p*H 2,4 à 3, tampon d'acétate	Rose → jaune
Solution à 0,1 % dans le méthanol ou l'éthanol	Bi^{3+}	*p*H 1 à 3, HNO_3	Rouge → jaune-vert
	Cd^{2+}	*p*H 5 à 6, tampon d'acétate	Rose → jaune-vert
	Cu^{2+}	*p*H 3 à 5, tampon d'acétate, 70 à 80 °C	
		*p*H 9 à 10, tampon d'ammoniac, 50 °C	Violet → jaune
	In^{3+}	*p*H 2,3 à 2,5, tampon d'acétate, solution chaude	Rouge → jaune
	Ni^{2+}	*p*H 4, méthanol à 25 %, 50 à 70 °C	Violet-rouge → jaune
	Th^{IV}	*p*H 2 à 3,5, HNO_3	Rouge → jaune
	Tl^{3+}	*p*H > 1,8, acide chloracétique, solution chaude	
	Zn^{2+}	*p*H 4 à 6, tampon d'acétate	
	Al^{3+}, Ca^{2+}, Co^{2+}, Fe^{3+}, Hg^{2+}, Ga^{3+}, Mg^{2+}, Mn^{2+}, Mo^{V}, Ni^{2+}, Pb^{2+} T. R. *, UO_2^{2+}, VO^{2+}	Titrage en retour par le sel de cuivre (II)	

n°	Indicateur	Formule
31	(Pyridyl-2-azo)-4-résorcine (PAR)	[structural formula: pyridyl–N=N–benzene ring bearing two OH groups; labels: N, —N=N—, OH, OH]
32	Colorant de Patton-Reeder	Voir

* T. R. signifie les terres rares.

Tableau 28 (suite)

Concentration	Ions à doser	Conditions du dosage	Virage lors du titrage direct
Solution aqueuse à 0,1 %	Bi^{3+}	*p*H 1 à 2, HNO_3	Rouge → jaune
	Tl^{3+}	*p*H 1,7, solution chaude	
	In^{3+}	*p*H 2,3 à 2,5, 60 à 70°C	
	Hg^{2+}	*p*H 3 à 6	Rouge → jaune-orangé
	Cd^{2+}	*p*H 6 à 11,5, tampon d'ammoniac ou d'urotropine	Rouge → jaune
	Cu^{2+}	*p*H 5, tampon d'acétate *p*H 6, tampon d'urotropine *p*H 11,5, tampon d'ammoniac	Rouge vin → jaune ou vert
	Mn^{2+}	*p*H 9, tampon d'ammoniac	Rouge → jaune
	Ni^{2+}	*p*H 5, tampon d'acétate, 90 °C	Rouge → jaune
	Pb^{2+}	*p*H 5 à 9,6, tampon d'urotropine ou d'ammoniac	Rouge → jaune
	T.R.* et Y^{3+}	*p*H 6, tampon d'acétate	Rouge → jaune
	Zn^{2+}	*p*H 5 à 11,5, tampon d'urotropine ou d'ammoniac	Rouge → jaune

Calcess, n° 15

n°	Indicateur	Formule
33	Rouge de pyrogallol	OH, OH, HO, O, O, C, H_3OS
34	Violet de pyrocathéchol (pyrocathéchol-sulfophtaléine)	HO, OH, HO, O, C, SO_3H

Tableau 28 (suite)

Concentration	Ions à doser	Conditions du dosage	Virage lors du titrage direct
Solution à 0,05 % dans l'éthanol à 50 %	Bi^{3+}	pH 2 à 3, HNO_3	Rouge → orangé-jaune
	Co^{2+}, Ni^{2+}	pH 9,3, tampon d'ammoniac	Bleu → rouge vin
	Pb^{2+}	pH 5 à 6, tampon d'acétate	Violet → rouge
	Cu^{2+}, Fe^{3+}, Ga^{3+}, In^{3+}, Pd^{2+}, Th^{IV}	Titrage en retour par le sel de plomb ou de bismuth	
Solution aqueuse à 0,1 %	Bi^{3+}	pH 2 à 3, HNO_3	Bleu → jaune
	Cd^{2+}	pH 10, tampon d'ammoniac	Bleu verdâtre → rouge-violet
	Co^{2+}	pH 9,3, tampon d'ammoniac	
	Ni^{2+}	pH 8 à 9,3, tampon d'ammoniac	
	Cu^{2+}	pH 5 à 6,5, tampon d'acétate	Bleu → jaune
		pH 6 à 7, tampon de pyridine	
		pH 9,3, tampon d'ammoniac	Bleu → rouge-violet
	Fe^{3+}	pH 5 à 6, tampon de pyridine-acétate	Bleu → jaune-vert
	Ga^{3+}	pH 3 à 3,8, tampon d'acétate	Bleu → jaune
	In^{3+}	pH 5, tampon d'acétate, solution chaude	Bleu → jaune
	Mg^{2+}, Zn^{2+}	pH 10, tampon d'ammoniac	Bleu verdâtre → rouge-violet
	Mn^{2+}	pH 9,3, tampon d'ammoniac + NH_2OH	

n°	Indicateur	Formule
35	SPADNS	OH OH; —N=N—; —SO_3Na; NaO_3S; SO_3Na
36	Sulfarsazène (plumbone)	N=N—NH; SO_3Na; H_2O_3As; NO_2; N=N

Tableau 28 (suite)

Concentration	Ions à doser	Conditions du dosage	Virage lors du titrage direct
	Th^{IV}	*p*H 2,5 à 3,5, HNO_3, 40°C	Rouge → jaune
	Pb^{2+}	*p*H 5,5, tampon d'urotropine	Bleu → jaune
	Al^{3+}, Fe^{3+}, Ga^{3+}, In^{3+}, Pd^{2+}, Th^{IV}, Tl^{3+}	Titrage en retour par le sel de cuivre (II) ou de bismuth	
	Sn^{IV}	*p*H 5, titrage en retour par le sel de zinc, 70 à 80 °C	
Solution aqueuse à 0,4 %	Zr^{IV}	*p*H 1,5 à 2,5, HNO_3	Rouge-rose → orangé-rouge
Solution aqueuse à 0,02 %	Th^{IV}	*p*H 2,5 à 3,5, HNO_3	Violet-bleu → rouge-pourpre
Solution aqueuse à 0,05 % avec l'addition de 1 à 2 gouttes de solution d'ammoniac à 5 %	Pb^{2+}	*p*H 9,8 à 10 en présence de l'acide tartrique et de l'ammoniac	Orangé-rose → jaune citron
	Zn^{2+}	*p*H 9,3 à 9,6 en présence de l'acide tartrique et de l'ammoniac	*Idem*

n°	Indicateur	Formule
37	Sulfonazo	HO_3S, SO_3H, $\cdot 2H_2O$, N=N, OH, NH_2, OH, SO_2, OH, OH, NH_2, N=N, HO_3S, SO_3H
38	Acide sulfosalicylique	HO_3S, COOH, OH
39	Thymolphtalexone	$HOOCH_2C$, N, $HOOCH_2C$, CH_2, CH_2COOH, N, CH_2COOH, H_2C, H_3C, CH_3, CH, HC, HO, O, H_3C, CH_3, H_3C, CH_3, C, COOH

Tableau 28 (suite)

Concentration	Ions à doser	Conditions du dosage	Virage lors du titrage direct
Solution aqueuse à 0,02 %	Sc^{3+} In^{3+}	*p*H 5	Bleu → violet-rose Bleu-violet → violet-rose
Solution aqueuse à 5 %	Fe^{3+}	*p*H 2 à 3, tampon d'acétate, solution chaude	Rouge → jaune
Solution aqueuse à 0,5 % ou mélange solide de KNO_3 en proportion 1 : 100	Ba^{2+}, Sr^{2+}, Ca^{2+}, Mn^{2+}	*p*H 10 à 11, NaOH ou NH_3 *p*H 10,5 à 12, NaOH ou NH_3 *p*H 10 à 11, NH_3, NaOH	Bleu → gris ou incolore

n°	Indicateur	Formule
40	Thio-urée	$H_2N-\underset{\underset{S}{\Vert}}{C}-NH_2$
41	Tirone (acide disulfo-3,5-dioxy-1,2-benzoïque)	OH OH HO_3S SO_3H
42	Toron (torine, APANS)	Voir *Tableau 49*, n° 92 (p. 472)
43	Fluorexone (calcéine, fluorescéine-complexone)	HO O O $HOOCH_2C$ $\rangle N-H_2C$ $CH_2-N\langle$ CH_2COOH $HOOCH_2C$ C CH_2COOH COOH

Tableau 28 (suite)

Concentration	Ions à doser	Conditions du dosage	Virage lors du titrage direct
Solution aqueuse	Bi^{3+}	*p*H 1,5 à 2,0, HNO_3 ou $HClO_0$	Jaune → incolore
Solution aqueuse à 2 %	Fe^{3+}	*p*H 2 à 3 ; tampon d'acétate, solution chaude	Bleu → incolore
Solution aqueuse	Bi^{3+} Th^{IV} U^{IV}	*p*H 2 à 3, HNO_3 *p*H 1 à 3, HNO_3 *p*H 1 à 1,8, 30 °C	Rouge → jaune Violet → jaune Rouge-orangé → orangé-jaune
Solution aqueuse à 2 % ou mélange solide de KNO_3 en proportion 1 : 100	Ca^{2+} Ba^{2+}, Sr^{2+} Cu^{2+} Mn^{2+}	*p*H > 12, KOH ou NaOH *p*H 11,5, NH_3 ou *p*H 12,5, KOH *p*H 10 à 11, tampon d'ammoniac *p*H 8 à 11, tampon d'ammoniac + NH_2OH	Fluorescence bleue ou verte Fluorescence rose, presque incolore

n°	Indicateur	Formule
44	Phtaléine-complexone (métalphtaléine, pourpre phtaléine, crésolphtalexone)	HOOCH$_2$C, HOOCH$_2$C, N, N, CH$_2$COOH, CH$_2$COOH, H$_2$C, CH$_2$, HO, O, H$_3$C, CH$_3$, C, COOH
45	Chromazurol S (bleu brillant B, Erio au chromazurol S, albéron)	H$_3$C, CH$_3$, HO, O, HOOC, COOH, C, Cl, Cl, SO$_3$H

Tableau 28 (suite)

Concentration	Ions à doser	Conditions du dosage	Virage lors du titrage direct
a. Solution aqueuse à 0,5 % b. Mélange de 0,1 g de phtaléinecomplexone, de 0,005 g de rouge de méthyle et de 0,005 g de vert de diamine à 100 ml d'eau	Ba^{2+}, Sr^{2+} Mg^{2+} Ca^{2+} Cd^{2+}	*p*H 10,5 à 11, addition de l'éthanol *p*H 10 à 11, NH_3, addition de l'éthanol *p*H 10 à 11 *p*H 10, tampon d'ammoniac + 30 % d'éthanol	a. Rouge-violet → rose pâle ou incolore b. Rouge → gris clair
Solution aqueuse à 0,4 %	Al^{3+}	*p*H 4, tampon d'acétate, 80 °C	Violet → jaune-orangé
	Ca^{2+}	*p*H 11 ; NH_3	Rouge orangé pâle → jaune
	Cu^{2+}	*p*H 6 à 6,5, tampon d'acétate	Bleu ou bleu-violet → vert
		*p*H 8 à 10, NH_3	Violet → jaune ou jaune-vert
	Fe^{3+}	*p*H 2 à 3, tampon de chloroacétique-acétate, 60 °C	Bleu verdâtre → jaune-orangé
	Mg^{2+}	*p*H 11, NH_3	Rouge boue → jaune
	Ni^{2+}	*p*H 11, NH_3	Bleu-violet → jaune
	T. R.$^{3+}$	*p*H 8, pyridine + NH_3	Violet → jaune
	Th^{IV}	*p*H 1 à 3, HNO_3	Rouge-violet → orangé
	VO^{2+}	*p*H 4, tampon d'acétate	Bleu-violet → rouge-orangé

n°	Indicateur	Formule
46	Noir de chromogène spécial ET 00	
47	Vert de chromoxane GG	CH_3 CH_3 HO O HOOC C COOH N=N CH_3 OH COOH
48	Zincon	COOH HO N HN SO_3H N—C=N

Tableau 28 (suite)

Concentration	Ions à doser	Conditions du dosage	Virage lors du titrage direct
(Voir Noir au chrome acide spécial, nº 20)			
—	Mg^{2+}, Ca^{2+} Cu^{2+} Ni^{2+} Th^{IV} VO^{2+}	*p*H 11 *p*H 8 *p*H 11 *p*H 4,8 *p*H 4	Rouge → vert Rouge → orangé Rouge → vert Violet → rouge
0,130 g d'indicateur et 2 ml de solution de NaOH 1 M dans 100 ml d'eau	Ca^{2+}, Ge^{IV}, Co^{2+}, Cu^{2+}, Fe^{3+}, In^{3+}, Mn^{2+}, Pb^{2+} Zn^{2+}	*p*H 9 à 10, titrage en retour par le sel de zinc *p*H 9 à 10, tampon d'ammoniac	 Bleu → jaune

n°	Indicateur	Formule
49	Rouge Eriochrome B	$H_3C{-}C{=}N$; $NaO_3S{-}$; $-N{=}N{-}C{=}C$; $N{-}$; OH; OH
50	Bleu-noir Eriochrome B	OH; OH; $NaO_3S{-}$; $-N{=}N{-}$
51	Eriochrome-cyanine R	H_3C; CH_3; HO; O; HOOC; COOH; C; SO_3H
52	Noir Eriochrome T	(Voir Noir au chrome acide spécial, n° 20)

Tableau 28 (suite)

Concentration	Ions à doser	Conditions du dosage	Virage lors du titrage direct
—	Ca^{2+}	*p*H 10, tampon d'ammoniac	Rouge → jaune
	Cu^{2+}	*p*H 2, acide chloracétique	Pourpre → jaune
		*p*H 4, tampon d'acétate	Pourpre → vert
	Mn^{2+}	*p*H 8 à 10, tampon d'ammoniac, acide ascorbique	Rouge → jaune
	Ni^{2+}	*p*H 4 à 6, tampon d'acétate	Pourpre → jaune pâle
	Pb^{2+}	*p*H 10, tampon d'ammoniac, tartrate	Orangé-rouge → jaune
	Zn^{2+}	*p*H 6,5, tampon d'urotropine	Rouge → jaune
Solution à 0,4 % dans le méthanol	Ca^{2+}, Cd^{2+}	*p*H 11,5, NH_3	Rouge → bleu
	Mg^{2+}, Zn^{2+}	*p*H 10, tampon d'ammoniac	Rouge → bleu
	U^{IV}	HCl 0,01 à 0,2 M, solution chaude	Bleu → rouge
	Zr^{IV}	HCl 0,01 à 0,5 M, solution chaude, méthanol à 50 %	Bleu → rouge
Solution aqueuse à 0,4 %	Al^{3+}	*p*H 5 à 6,3, tampon d'acétate, titrage en retour par le sel de zinc, 70 à 80 °C	Jaune → violet
	Zr^{IV}	*p*H 1,4, solution chaude	Rose → incolore
	Fe^{3+}	*p*H 2 à 3, acide chloracétique-acétate, 60 °C	Violet → jaune ou vert
	Th^{IV}	*p*H 2 à 2,5	Pourpre → rose

Tableau 29

Conversion de l'indice d'hydrogène (*p*H) en activité des ions hydrogène (a_{H^+}) et inversement

Le *Tableau 29* peut être utilisé pour la conversion des indices de produit de solubilité *pPS* en produit de solubilité *PS*, des constantes *pK* en constantes *K* et dans les autres cas analogues.

Dixièmes de *p*H	Centièmes de *p*H ,00	,01	,02	,03	,04	,05	,06	,07	,08	,09
	Valeurs de a_{H^+}									
,0	1,000	0,977	0,955	0,933	0,912	0,891	0,871	0,851	0,832	0,813
,1	0,794	0,766	0,759	0,741	0,725	0,708	0,692	0,676	0,661	0,646
,2	0,631	0,617	0,603	0,589	0,575	0,562	0,550	0,537	0,525	0,513
,3	0,501	0,490	0,479	0,468	0,457	0,447	0,437	0,427	0,417	0,407
,4	0,398	0,389	0,380	0,372	0,363	0,355	0,347	0,339	0,331	0,324
,5	0,316	0,309	0,302	0,295	0,288	0,282	0,275	0,269	0,263	0,257
,6	0,251	0,245	0,240	0,234	0,229	0,224	0,219	0,214	0,209	0,204
,7	0,200	0,195	0,191	0,186	0,182	0,178	0,174	0,170	0,166	0,162
,8	0,158	0,155	0,151	0,148	0,145	0,141	0,138	0,135	0,132	0,129
,9	0,126	0,123	0,120	0,117	0,115	0,112	0,110	0,107	0,105	0,102

d Pour calculer a_{H^+} d'après une valeur donnée du *p*H, on trouve dans la remière colonne la première décimale d'une mantisse de la valeur du *p*H ət dans la première ligne, sa deuxième décimale. Ensuite, au point de croisement des lignes partant des chiffres trouvés, on obtient une valeur de a_{H^+}. On multiplie cette valeur par 10 à la puissance égale à la caractéristique de *p*H changée de signe. Par exemple : $pH = 6,27$; $a_{H^+} = 0,537 \cdot 10^{-6}$.

Pour calculer le *p*H d'après une valeur connue de a_{H^+}, on recalcule cette dernière de façon qu'elle s'exprime par le nombre commençant par 0 et multiplié par 10 à une certaine puissance négative. Ensuite on trouve ce nombre (ou un nombre proche) au milieu du *Tableau 29* et en s'avançant à gauche et vers le haut de ce nombre, on obtient les deux décimales dans la valeur du *p*H. La valeur du *p*H sera égale à la puissance de 10 dans le nombre a_{H^+}, mais au signe positif. Par exemple, $a_{H^+} = 2,41 \cdot 10^{-7} = 0,241 \cdot 10^{-6}$ $pH = 6,62$.

Tableau 30

Préparation des solutions tampons
(*p*H de 1,10 à 12,90, température 20 °C)

Réactifs de départ

Solution nº 1 acide chlorhydrique 0,1 N

Solution nº 2 glycocolle (acide aminoacétique, glycine) NH_2CH_2COOH 0,1 N (7,507 g de glycocolle + 5,85 g de NaCl dans 1 l)

Solution nº 3 hydrophtalate de potassium $KHC_8H_4O_4$ 0,2 M (40,846 g dans 1 l)

Solution nº 4 citrate de sodium 0,1 M (21,014 g de $H_3C_6H_5O_7 \cdot H_2O$ + 200 ml de solution de NaOH 1 N dans 1 l)

Solution nº 5 soude caustique 0,1 N

Solution nº 6 dihydrophosphate de potassium 1/15 M (9,073 g de KH_2PO_4 dans 1 l)

Solution nº 7 hydrophosphate de sodium 1/15 M (11,866 g de $Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$ dans 1 l)

Solution nº 8 tétraborate de sodium 0,05 M (12,367 g de H_3BO_3 + + 100 ml de solution de NaOH 1 N dans 1 l)

Le chlorure de sodium « c. p. » * est deux fois recristallisé et séché à 120 °C ; l'acide borique « c. p. » est deux fois recristallisé à partir de l'eau bouillante et séché à une température ne dépassant pas 80 °C ; le dihydrophosphate de potassium « c. p. » est deux fois recristallisé et séché à 110-120 °C ; l'hydrophosphate de sodium « c. p. » est deux fois recristallisé (lors de la dernière cristallisation la température de la solution ne doit pas dépasser 90 °C), ensuite, il est humidifié à l'eau et séché dans le thermostat à 36 °C pendant 48 h; l'acide citrique « c. p. » est deux fois recristallisé (lors de la dernière cristallisation la température ne doit pas dépasser 60 °C) ; l'hydrophtalate de sodium est deux fois recristallisé et séché à 110-120 °C.

---

* c. p. signifie chimiquement pur

Tableau 30 (suite)

A. Solutions tampons au *p*H de 1,10 à 3,50 ($HCl-NH_2CH_2COOH$)

Chacun des volumes de solution indiqués ci-après (solution n° 2, voir p. 293) est porté à 100 ml avec de la solution n° 1 (voir p. 293)

*p*H	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,1	5,7	6,6	7,5	8,4	9,3	10,2	11,1	12,0	12,8	13,7
2	14,6	15,4	16,2	17,0	17,8	18,6	19,4	20,2	21,0	21,8
3	22,6	23,2	23,9	24,5	25,2	25,8	26,4	27,0	27,7	28,3
4	28,9	29,4	30,0	30,5	31,1	31,6	32,0	32,5	32,9	33,4
5	33,8	34,2	34,6	35,0	35,4	35,8	36,2	36,7	37,1	37,6
6	38,0	38,4	38,7	39,1	39,4	39,8	40,2	40,6	40,9	41,3
7	41,7	42,1	42,4	42,8	43,1	43,5	43,9	44,2	44,6	44,9
8	45,3	45,6	46,0	46,3	46,7	47,0	47,4	47,8	48,1	48,5
9	48,9	49,2	49,5	49,8	50,1	50,4	50,7	51,0	51,3	51,6
2,0	51,9	52,2	52,5	52,8	53,1	53,4	53,7	54,0	54,3	54,6
1	54,9	55,2	55,4	55,7	55,9	56,2	56,5	56,7	57,0	57,3
2	57,6	57,9	58,2	58,4	58,7	59,0	59,3	59,5	59,8	60,0
3	60,3	60,6	61,0	61,3	61,7	62,0	62,3	62,6	63,0	63,3
4	63,6	63,9	64,2	64,5	64,8	65,1	65,4	65,7	66,0	66,3
5	66,6	66,9	67,2	67,5	67,8	68,1	68,4	68,7	69,0	69,3
6	69,6	69,9	70,2	70,5	70,8	71,1	71,4	71,8	72,1	72,5
7	72,8	73,1	73,4	73,8	74,1	74,4	74,7	75,0	75,4	75,7
8	76,0	76,3	76,6	77,0	77,3	77,6	77,9	78,2	78,6	78,9
9	79,2	79,5	79,8	80,1	80,4	80,7	81,0	81,3	81,5	81,8
3,0	82,1	82,4	82,7	82,9	83,2	83,5	83,8	84,0	84,3	84,5
1	84,8	85,0	85,3	85,5	85,8	86,0	86,2	86,4	86,7	86,9
2	87,1	87,3	87,5	87,8	88,0	88,2	88,4	88,6	88,8	89,0
3	89,2	89,4	89,6	89,7	89,9	90,1	90,3	90,5	90,6	90,8
4	91,0	91,2	91,3	91,5	91,6	91,8	91,9	92,1	92,2	92,4
5	92,5									

Tableau 30 (suite)

B. Solutions tampons au *p*H de 1,10 à 4,96 (HCl-$NaH_2C_6H_5O_7$)

Chacun des volumes de solution indiqués ci-après (solution n° 4, p. 293) est porté à 100 ml avec de la solution n° 1 (p. 293)

*p*H	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,1	4,8	5,6	6,4	7,1	7,8	8,4	9,0	9,6	10,1	10,6
2	11,1	11,6	12,1	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	14,9	15,4
3	15,9	16,2	16,6	16,9	17,3	17,6	17,9	18,3	18,6	19,0
4	19,3	19,6	19,9	20,2	20,5	20,8	21,1	21,4	21,6	21,9
5	22,2	22,4	22,7	22,9	23,2	23,4	23,6	23,9	24,1	24,4
6	24,6	24,8	25,0	25,2	25,4	25,6	25,8	26,0	26,1	26,3
7	26,5	26,7	26,9	27,0	27,2	27,4	27,6	27,7	27,9	28,0
8	28,2	28,3	28,5	28,6	28,8	28,9	29,0	29,1	29,3	29,4
9	29,5	29,6	29,7	29,9	30,0	30,1	30,2	30,3	30,4	30,5
2,0	30,6	30,7	30,8	31,0	31,1	31,2	31,3	31,4	31,5	31,6
1	31,7	31,8	31,9	31,9	32,0	32,1	32,2	32,3	32,4	32,5
2	32,6	32,7	32,8	32,9	33,0	33,1	33,2	33,3	33,4	33,5
3	33,6	33,7	33,8	33,8	33,9	34,0	34,1	34,2	34,3	34,4
4	34,5	34,6	34,7	34,8	34,9	35,0	35,1	35,2	35,2	35,3
5	35,4	35,5	35,6	35,7	35,8	35,9	36,0	36,1	36,2	36,3
6	36,4	36,5	36,6	36,7	36,8	36,9	37,0	37,1	37,1	37,2
7	37,3	37,4	37,5	37,6	37,7	37,8	37,9	38,0	38,1	38,2
8	38,3	38,4	38,5	38,6	38,7	38,8	38,9	39,0	39,1	39,2
9	39,3	39,4	39,5	39,6	39,7	39,8	39,9	40,0	40,1	40,2
3,0	40,3	40,4	40,5	40,7	40,8	40,9	41,0	41,1	41,3	41,4
1	41,5	41,6	41,7	41,8	41,9	42,0	42,1	42,3	42,4	42,6
2	42,7	42,8	42,9	43,1	43,2	43,3	43,4	43,6	43,7	43,9
3	44,0	44,1	44,3	44,4	44,6	44,7	44,8	45,0	45,1	45,3
4	45,4	45,5	45,7	45,8	46,0	46,1	46,2	46,4	46,5	46,7
5	46,8	47,0	47,1	47,3	47,4	47,6	47,8	47,9	48,1	48,2
6	48,4	48,6	48,8	48,9	49,1	49,3	49,5	49,6	49,8	49,9
7	50,1	50,3	50,5	50,6	50,8	51,0	51,2	51,4	51,5	51,7
8	51,9	52,1	52,3	52,5	52,7	52,9	53,1	53,3	53,4	53,6
9	53,8	54,0	54,2	54,5	54,7	54,9	55,1	55,3	55,6	55,8
4,0	56,0	56,3	56,5	56,8	57,0	57,3	57,5	57,8	58,0	58,3
1	58,5	58,7	59,0	59,2	59,5	59,7	60,0	60,3	60,5	60,8

Tableau 30 (suite)

*p*H	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	61,1	61,4	61,7	62,0	62,3	62,6	62,9	63,3	63,6	64,0
3	64,3	64,7	65,1	65,4	65,7	66,0	66,4	66,8	67,1	67,5
4	67,9	68,3	68,7	69,0	69,4	69,8	70,2	70,6	71,1	71,5
5	71,9	72,4	72,9	73,4	73,9	74,4	74,9	75,4	75,9	76,4
6	76,9	77,4	78,0	78,5	79,1	79,6	80,1	80,6	81,2	81,7
7	82,2	82,8	83,3	83,9	84,4	85,0	85,6	86,2	86,6	87,4
8	88,0	88,7	89,4	90,0	90,7	91,4	92,2	93,1	93,9	94,8
9	95,6	96,3	97,1	97,8	98,5	99,3	100,0			

C. Solutions tampons au *p*H de 2,20 à 3,80 (HCl-$KHC_8H_4O_4$)

On ajoute à chacun des volumes de solution (solution nº 1, p. 293) 50,0 ml de solution nº 3 (p. 293) et on porte le volume de mélange à 200 ml avec de l'eau

*p*H	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2,2	93,20	92,50	91,80	91,10	90,40	89,70	89,00	88,30	87,60	86,90
3	86,20	85,50	84,80	84,10	83,40	82,70	82,00	81,30	80,60	79,90
4	79,20	78,54	77,88	77,22	76,56	75,90	75,24	74,58	73,92	73,26
5	72,60	71,94	71,28	70,62	69,96	69,30	68,64	67,98	67,32	66,66
6	66,00	65,34	64,68	64,02	63,36	62,70	62,04	61,38	60,72	60,06
7	59,40	58,76	58,12	57,48	56,84	56,20	55,56	54,92	54,28	53,64
8	53,00	52,38	51,76	51,14	50,52	49,90	49,28	48,66	48,04	47,42
9	46,80	46,20	45,60	45,00	44,40	43,80	43,20	42,60	42,00	41,40
3,0	40,80	40,22	39,64	39,06	38,48	37,90	37,32	36,74	36,16	35,58
1	35,00	34,44	33,88	33,32	32,78	32,24	31,70	31,16	30,64	30,12
2	29,60	29,08	28,56	28,04	27,54	27,04	26,54	26,04	25,56	25,08
3	24,60	24,12	23,64	23,16	22,68	22,20	21,72	21,26	20,80	20,34
4	19,90	19,46	19,02	18,58	18,16	17,74	17,32	16,90	16,50	16,10
5	15,70	15,30	14,90	14,52	14,16	13,80	13,44	13,08	12,72	12,36
6	12,00	11,66	11,32	10,98	10,64	10,30	9,96	9,62	9,28	8,94
7	8,60	8,26	7,92	7,58	7,24	6,90	6,58	6,26	5,94	5,62
8	5,30									

Tableau 30 (suite)

D. Solutions tampons au *p*H de 4,00 à 6,20 ($NaOH-KHC_8H_4O_4$)

On ajoute à chacun des volumes de solution (solution n° 5, p. 293) 50,0 ml de solution n° 3 (p. 293) et on porte le volume de mélange à 200 ml avec de l'eau

*p*H	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4,0	0,80	1,14	1,46	1,80	2,12	2,46	2,78	3,12	3,44	3,78
1	4,10	4,44	4,76	5,10	5,42	5,76	6,08	6,42	6,74	7,08
2	7,40	7,74	8,08	8,42	8,78	9,14	9,50	9,86	10,24	10,62
3	11,00	11,38	11,76	12,14	12,54	12,94	13,34	13,74	14,16	14,58
4	15,00	15,42	15,84	16,26	16,68	17,10	17,54	17,98	18,42	18,86
5	19,30	19,76	20,24	20,72	21,22	21,72	22,22	22,74	23,26	23,78
6	24,30	24,84	25,38	25,92	26,46	27,00	27,54	28,08	28,62	29,16
7	29,70	30,26	30,82	31,38	31,94	32,50	33,08	33,66	34,24	34,82
8	35,40	35,98	36,56	37,14	37,74	38,34	38,94	39,54	40,16	40,78
9	41,40	42,04	42,68	43,32	43,96	44,60	45,22	45,84	46,46	47,08
5,0	47,70	48,32	48,94	49,56	50,18	50,80	51,42	52,04	52,66	53,28
1	53,90	54,50	55,10	55,70	56,30	56,90	57,50	58,10	58,70	59,30
2	59,90	60,50	61,10	61,70	62,28	62,86	63,44	64,02	64,58	65,14
3	65,70	66,24	66,78	67,32	67,84	68,36	68,88	69,40	69,90	70,40
4	70,90	71,38	71,86	72,34	72,82	73,30	73,76	74,22	74,68	75,14
5	75,60	76,04	76,46	76,88	77,30	77,72	78,12	78,52	78,92	79,32
6	79,70	80,08	80,44	80,80	81,14	81,48	81,82	82,14	82,46	82,78
7	83,10	83,40	83,70	84,00	84,30	84,60	84,88	85,16	85,44	85,72
8	86,00	86,28	86,56	86,84	87,10	87,36	87,62	87,88	88,12	88,36
9	88,60	88,84	89,08	89,32	89,56	89,80	90,02	90,24	90,46	90,68
6,0	90,90	91,10	91,30	91,50	91,70	91,90	92,08	92,26	92,44	92,62
1	92,80	92,96	93,10	93,24	93,36	93,48	93,60	93,70	93,80	93,90
2	94,00									

Tableau 30 (suite)

E. Solutions tampons au *p*H de 4,96 à 6,69 ($NaOH-NaH_2C_6H_5O_7$)

Chacun de volumes de solution indiqués ci-après (solution nº 5, p. 293) est porté à 100 ml avec de la solution nº 4 (p. 293)

*p*H	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4,9	—	—	—	—	—	—	0,0	0,9	1,8	2,7
5,0	3,6	4,3	5,0	5,6	6,3	7,0	7,5	8,1	8,6	9,2
1	9,7	10,2	10,8	11,3	11,9	12,4	12,9	13,4	13,9	14,4
2	14,9	15,4	15,9	16,5	17,0	17,5	17,9	18,3	18,8	19,2
3	19,6	20,0	20,4	20,8	21,2	21,6	22,0	22,4	22,9	23,3
4	23,7	24,1	24,5	24,9	25,3	25,7	26,1	26,5	26,9	27,3
5	27,7	28,0	28,4	28,7	29,1	29,4	29,7	30,0	30,4	30,7
6	31,0	31,3	31,6	31,9	32,2	32,5	32,8	33,1	33,4	33,7
7	34,0	34,3	34,5	34,8	35,0	35,3	35,5	35,8	36,0	36,2
8	36,4	36,6	36,8	37,1	37,3	37,5	37,7	37,9	38,1	38,3
9	38,5	38,7	38,9	39,1	39,3	39,5	39,7	39,9	40,0	40,2
6,0	40,4	40,6	40,8	41,0	41,2	41,4	41,5	41,6	41,7	41,9
1	42,0	42,1	42,3	42,4	42,6	42,7	42,8	43,0	43,1	43,3
2	43,4	43,5	43,6	43,8	44,0	44,1	44,2	44,3	44,4	44,5
3	44,6	44,7	44,8	44,9	45,0	45,1	45,2	45,3	45,3	45,4
4	45,5	45,6	45,7	45,7	45,8	45,9	46,0	46,1	46,1	46,2
5	46,3	46,4	46,5	46,5	46,6	46,7	46,8	46,8	46,9	46,9
6	47,0	47,1	47,1	47,2	47,2	47,3	47,3	47,4	47,4	47,5

F. Solutions tampons au *p*H de 4,80 à 8,00 ($KH_2PO_4-Na_2HPO_4$)

Chacun de volumes de solution indiqués ci-après (solution nº 7, p. 293) est porté à 100 ml avec de la solution nº 6 (p. 293)

*p*H	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4,8	0,35	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45	0,48	0,51	0,54	0,57
9	0,60	0,63	0,66	0,69	0,72	0,75	0,79	0,83	0,87	0,91

Tableau 30 (suite)

*p*H	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5,0	0,95	0,99	1,03	1,07	1,11	1,15	1,19	1,23	1,27	1,31
1	1,35	1,39	1,43	1,47	1,51	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75
2	1,80	1,85	1,90	1,95	2,00	2,05	2,10	2,15	2,20	2,25
3	2,30	2,37	2,44	2,51	2,58	2,65	2,72	2,79	2,86	2,93
4	3,00	3,09	3,18	3,27	3,36	3,45	3,54	3,63	3,72	3,81
5	3,90	3,99	4,08	4,17	4,26	4,35	4,46	4,57	4,68	4,79
6	4,90	5,02	5,14	5,26	5,38	5,50	5,62	5,75	5,90	6,05
7	6,20	6,35	6,50	6,70	6,85	7,00	7,20	7,35	7,55	7,70
8	7,90	8,10	8,25	8,45	8,60	8,80	9,00	9,20	9,40	9,60
9	9,80	10,0	10,2	10,4	10,6	10,8	11,1	11,3	11,6	11,8
6,0	12,1	12,4	12,7	12,9	13,2	13,5	13,8	14,1	14,4	14,7
1	15,0	15,3	15,7	16,0	16,4	16,7	17,0	17,4	17,7	18,1
2	18,4	18,7	19,1	19,4	19,8	20,1	20,5	20,9	21,3	21,7
3	22,1	22,5	22,9	23,4	23,8	24,2	24,6	25,1	25,5	26,0
4	26,4	26,9	27,3	27,8	28,2	28,7	29,2	29,7	30,3	30,8
5	31,3	31,9	32,4	33,0	33,5	34,1	34,7	35,3	35,9	36,5
6	37,1	37,7	38,3	38,9	39,4	40,0	40,6	41,2	41,8	42,4
7	43,0	43,6	44,2	44,8	45,4	46,0	46,6	47,3	47,9	48,6
8	49,2	49,8	50,4	51,0	51,6	52,2	52,8	53,4	54,0	54,6
9	55,2	55,8	56,4	57,0	57,6	58,2	58,8	59,4	60,0	60,6
7,0	61,2	61,8	62,4	63,0	63,6	64,2	64,8	65,4	65,9	66,5
1	67,0	67,6	68,1	68,7	69,2	69,8	70,4	70,9	71,5	72,0
2	72,6	73,2	73,7	74,3	74,8	75,4	75,9	76,3	76,8	77,2
3	77,7	78,1	78,6	79,0	79,5	79,9	80,3	80,7	81,0	81,4
4	81,8	82,1	82,5	82,8	83,2	83,5	83,8	84,2	84,5	84,9
5	85,2	85,5	85,9	86,2	86,6	86,9	87,2	87,5	87,9	88,2
6	88,5	88,8	89,1	89,3	89,6	89,9	90,2	90,4	90,7	90,9
7	91,2	91,4	91,7	91,9	92,2	92,4	92,6	92,9	93,1	93,4
8	93,6	93,8	94,0	94,2	94,4	94,6	94,8	95,0	95,1	95,3
9	95,5	95,6	95,8	95,9	96,1	96,2	96,3	96,5	96,6	96,8
8,0	96,9									

Tableau 30 (suite)

G. Solutions tampons au *p*H de 7,71 à 9,23 ($Na_2B_4O_7$-HCl)

Chacun de volumes de solution indiqués ci-après (solution n° 8, p. 293) est porté à 100 ml avec de la solution n° 1 (p. 293)

*p*H	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
7,7	—	52,5	52,6	52,7	52,8	52,9	53,0	53,1	53,2	53,3
8	53,4	53,5	53,6	53,7	53,85	53,95	54,1	54,25	54,4	54,55
9	54,65	54,75	54,85	55,0	55,1	55,25	55,35	55,5	55,6	55,75
8,0	55,85	56,0	56,1	56,25	56,35	56,5	56,6	56,75	56,9	57,0
1	57,15	57,25	57,4	57,5	57,65	57,8	57,95	58,1	58,3	58,45
2	58,65	58,8	59,0	59,2	59,4	59,6	59,8	60,0	60,2	60,45
3	60,7	60,95	61,15	61,4	61,6	61,85	62,05	62,3	62,5	62,7
4	62,95	63,2	63,45	63,65	63,9	64,1	64,35	64,55	64,8	65,0
5	65,25	65,5	65,75	66,05	66,3	66,6	66,9	67,2	67,5	67,75
6	68,0	68,25	68,55	68,8	69,1	69,4	69,7	70,0	70,4	70,8
7	71,2	71,6	72,0	72,4	72,8	73,2	73,6	74,0	74,5	75,0
8	75,5	76,0	76,5	77,0	77,5	78,0	78,5	79,0	79,5	80,0
9	80,5	81,0	81,5	82,0	82,5	83,0	83,5	84,0	84,5	85,0
9,0	85,6	86,25	86,9	87,5	88,1	88,75	89,4	90,0	91,6	91,25
1	91,9	92,5	93,1	93,75	94,4	95,0	95,6	96,25	96,9	97,5
2	98,1	98,75	99,4	100,0						

H. Solutions tampons au *p*H de 9,23 à 11,02 ($Na_2B_4O_7$-NaOH)

Chacun de volumes de solution indiqués ci-après (solution n° 5, p. 293) est porté à 100 ml avec de la solution n° 8 (p. 293)

*p*H	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
9,2	—	—	—	0,72	2,16	3,60	4,90	6,05	7,10	8,05
3	8,90	9,60	10,3	11,0	11,7	12,4	13,0	13,6	14,2	14,8
4	15,4	16,0	16,6	17,2	17,7	18,2	18,8	19,4	20,0	20,5
5	21,0	21,6	22,2	22,8	23,4	23,9	24,5	25,1	25,7	26,3
6	26,8	27,4	28,0	28,6	29,2	29,8	30,3	30,8	31,3	31,8

Tableau 30 (suite)

*p*H	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	32,3	32,8	33,3	33,7	34,1	34,5	34,9	35,3	35,7	36,0
8	36,3	36,6	36,9	37,2	37,5	37,7	38,0	38,3	38,6	38,8
9	39,0	39,3	39,6	39,8	40,0	40,2	40,4	40,6	40,8	40,9
10,0	41,0	41,2	41,4	41,6	41,8	41,9	42,1	42,3	42,5	42,6
1	42,7	42,9	43,1	43,2	43,3	43,4	43,6	43,7	43,8	43,9
2	44,0	44,2	44,3	44,4	44,5	44,6	44,8	44,9	45,0	45,1
3	45,2	45,4	45,5	45,6	45,7	45,8	45,9	46,0	46,1	46,2
4	46,3	46,4	46,5	46,6	46,7	46,8	46,9	46,95	47,05	47,1
5	47,2	47,3	47,35	47,45	47,5	47,6	47,7	47,75	47,85	47,9
6	48,0	48,05	48,1	48,2	48,25	48,3	48,35	48,4	48,5	48,55
7	48,6	48,65	48,7	48,75	48,8	48,85	48,9	48,95	49,0	49,05
8	49,1	49,15	49,2	49,2	49,25	49,3	49,35	49,4	49,4	49,45
9	49,5	49,55	49,6	49,6	49,65	49,7	49,75	49,8	49,8	49,85
11,0	49,9	49,95	50,0							

I. Solutions tampons au *p*H de 8,53 à 12,90 (NH_2CH_2COOH-NaOH)

Chacun de volumes de solution indiqués ci-après (solution nº 5, p. 293) est porté à 100 ml avec de la solution nº 2 (p. 293)

*p*H	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
8,5	—	—	—	5,00	5,11	5,22	5,33	5,44	5,56	5,68
6	5,80	5,92	6,04	6,16	6,28	6,41	6,54	6,68	6,82	6,96
7	7,10	7,24	7,38	7,52	7,66	7,81	7,96	8,12	8,28	8,44
8	8,60	8,77	8,94	9,12	9,30	9,48	9,66	9,84	10,02	10,21
9	10,4	10,6	10,8	11,0	11,2	11,4	11,6	11,8	12,0	12,2
9,0	12,4	12,6	12,8	13,0	13,2	13,4	13,6	13,8	14,0	14,3
1	14,6	14,8	15,1	15,3	15,6	15,8	16,0	16,3	16,5	16,8
2	17,0	17,2	17,4	17,6	17,9	18,2	18,5	18,8	19,1	19,4
3	19,7	19,9	20,1	20,3	20,5	20,8	21,1	21,4	21,7	22,0
4	22,3	22,5	22,8	23,1	23,4	23,7	24,0	24,3	24,6	24,9

Tableau 30 (suite)

*p*H	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	25,2	25,4	25,6	25,9	26,2	26,5	26,8	27,1	27,4	27,7
6	28,0	28,3	28,6	28,9	29,2	29,5	29,8	30,1	30,4	30,7
7	31,0	31,3	31,6	31,9	32,2	32,5	32,8	33,1	33,4	33,6
8	33,8	34,1	34,4	34,7	35,0	35,2	35,4	35,6	35,8	36,0
9	36,2	36,5	36,7	36,9	37,1	37,3	37,5	37,7	37,9	38,1
10,0	38,3	38,5	38,7	38,9	39,1	39,3	39,5	39,7	39,9	40,05
1	40,2	40,4	40,55	40,7	40,9	41,05	41,2	41,4	41,55	41,75
2	41,9	42,05	42,2	42,4	42,55	42,7	42,85	43,0	43,2	43,35
3	43,5	43,65	43,75	43,9	44,0	44,15	44,3	44,4	44,55	44,7
4	44,8	44,9	45,0	45,1	45,2	45,3	45,4	45,5	45,6	45,7
5	45,8	45,9	46,0	46,05	46,15	46,25	46,35	46,45	46,5	46,6
6	46,7	46,75	46,85	46,9	47,0	47,05	47,1	47,2	47,25	47,35
7	47,4	47,45	47,5	47,6	47,65	47,7	47,75	47,8	47,9	47,95
8	48,0	48,05	48,1	48,15	48,2	48,25	48,3	48,35	48,4	48,45
9	48,5	48,55	48,6	48,6	48,65	48,7	48,75	48,8	48,8	48,85
11,0	48,9	48,95	49,0	49,05	49,1	49,15	49,15	49,2	49,25	49,3
1	49,35	49,4	49,45	49,5	49,55	49,6	49,6	49,65	49,7	49,75
2	49,8	49,85	49,9	49,9	49,95	50,0	50,05	50,1	50,1	50,15
3	50,2	50,25	50,3	50,3	50,35	50,4	50,45	50,5	50,5	50,55
4	50,6	50,65	50,7	50,7	50,75	50,8	50,85	50,9	50,9	50,95
5	51,0	51,05	51,1	51,1	51,15	51,2	51,25	51,3	51,3	51,35
6	51,4	51,45	51,5	51,55	51,6	51,65	51,75	51,8	51,85	51,9
7	51,95	52,0	52,1	52,15	52,2	52,25	52,35	52,4	52,45	52,55
8	52,6	52,7	52,75	52,85	52,9	53,0	53,1	53,15	53,25	53,3
9	53,4	53,5	53,6	53,7	53,8	53,9	54,0	54,1	54,2	54,3
12,0	54,45	54,6	54,75	54,85	55,0	55,15	55,25	55,4	55,55	55,65
1	55,8	55,95	56,1	56,3	56,45	55,6	56,75	56,9	57,1	57,25
2	57,4	57,6	57,8	58,0	58,2	58,4	58,6	58,8	59,0	59,2
3	59,4	59,65	59,9	60,1	60,35	60,6	60,85	61,1	61,3	61,55
4	61,8	62,2	62,5	62,9	63,2	63,6	64,0	64,3	64,7	65,0
5	65,4	65,9	66,3	66,8	67,2	67,7	68,2	68,6	69,1	69,5
6	70,0	70,5	71,0	71,5	72,0	72,5	73,0	73,5	74,0	74,5
7	75,0	75,6	76,2	76,8	77,4	78,0	78,6	79,2	79,8	80,4
8	81,0	81,6	82,7	83,1	84,0	84,9	85,8	86,7	87,7	88,8
9	90,0									

Tableau 31

Solutions tampons acéto-acétiques

Pour préparer une solution tampon ayant une valeur du *p*H requise, on jauge le volume indiqué de solution d'acide acétique 1 N, on y ajoute 50,0 ml de solution de soude 1 N et on la dilue avec de l'eau distillée à 500 ml.

*p*H	Acide acétique 1 N (ml)	*p*H	Acide acétique 1 N (ml)	*p*H	Acide acétique 1 N (ml)
3,8	421,5	4,67	100,0	5,5	57,4
3,9	345,1	4,7	96,8	5,6	55,9
4,0	284,4	4,8	87,2	5,7	54,7
4,1	236,2	4,9	79,5	5,8	53,7
4,2	197,9	5,0	73,4	5,9	53,0
4,3	167,4	5,1	68,6	6,0	52,3
4,4	143,3	5,2	64,8	6,1	51,9
4,5	124,1	5,3	61,7	6,2	51,5
4,6	108,9	5,4	59,3	6,3	51,2

Tableau 32

Mélange tampon universel

On prépare la solution de mélange d'acides phosphorique, acétique et borique à 0,04 M respectivement. Pour obtenir le mélange tampon à une valeur du *p*H requise, on verse le volume indiqué de solution de NaOH 0,2 N dans ce mélange.

NaOH 0,2 N (ml)	*p*H	NaOH 0,2 N (ml)	*p*H	NaOH 0,2 N (ml)	*p*H	NaOH 0,2 N (ml)	*p*H
0	1,81	25,0	4,10	50,0	6,80	75,0	9,62
2,5	1,89	27,5	4,35	52,5	7,00	77,5	9,91
5,0	1,98	30,0	4,56	55,0	7,24	80,0	10,38
7,5	2,09	32,5	4,78	57,5	7,54	82,5	10,88
10,0	2,21	35,0	5,02	60,0	7,96	85,0	11,20
12,5	2,36	37,5	5,33	62,5	8,36	87,5	11,40
15,0	2,56	40,0	5,72	65,0	8,69	90,0	11,58
17,5	2,87	42,5	6,09	67,5	8,95	92,5	11,70
20,0	3,29	45,0	6,37	70,0	9,15	95,0	11,82
22,5	3,78	47,5	6,59	72,5	9,37	100,0	11,98

Tableau 33

Solutions tampons à partir des substances individuelles

Substance	*p*H
Solution saturée d'hydrotartrate de potassium	
(~0,025 M) $KHC_4H_4O_6$ (m.m. 188, 183)	3,59 (16 °C)
Solution saturée de pipérazine-phosphate *	6,36 (16 °C)
(~0,065 M) $C_4H_{12}N_2HPO_4 \cdot H_2O$ (m.m. 202, 148)	6,34 (18 °C)
Solution de tétraborate de sodium 0,05 M	9,18 (25 °C)
$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ (m.m. 381, 37)	9,07 (38 °C)

* On prépare du pipérazine-phosphate en mélangeant à la température ambiante les quantités équimoléculaires de pipérazine et d'acide phosphorique, puis on cherche à former des cristaux lamellaires blancs.

Tableau 34

Détermination des potentiels d'électrode

Pour la réaction

$$Me^{n+} + ne \rightleftharpoons Me^0$$

l'expression mathématique de la valeur du potentiel d'une électrode métallique immergée dans une solution renfermant les ions de ce métal est déterminée par la formulee

$$E_{Me^{n+}/Me^0} = E^0_{Me^{n+}/Me^0} + \frac{RT}{nF} \ln a_{Me^{n+}}$$

Pour la réaction d'oxydo-réduction dans laquelle interviennent les ions hydrogène

$$a\text{Ox} + m\text{H}^+ + ne \rightleftharpoons b\text{Réd} + \frac{m}{2}\,H_2O$$

la valeur du potentiel d'une électrode plate en platine ou en un autre métal noble, immergée dans la solution de mélange des formes oxydée et réduite d'un composé donné, est définie par la formule

$$E_{\text{Ox/Réd}} = E^0_{\text{Ox/Réd}} + \frac{RT}{nF} \ln \frac{a^a_{\text{Ox}}}{a^b_{\text{Réd}}}\, a^m_{H^+}$$

Si les ions hydrogène n'interviennent pas dans une réaction donnée, la formule prend l'aspect

$$E_{\text{Ox/Réd}} = E^0_{\text{Ox/Réd}} + \frac{RT}{nF} \ln \frac{a^a_{\text{Ox}}}{a^b_{\text{Réd}}}$$

Dans toutes ces formules

E est le potentiel d'électrode ;
E^0, une constante caractéristique d'une réaction donnée ;
R, la constante des gaz ;
T, la température absolue ;
n, le nombre d'électrons intervenant dans la réaction ;
F, le nombre de Faraday (96 500 coulombs) ;

a^{n+}_{Me}, a_{Ox}, $a_{\text{Réd}}$, a_{H^+}, les activités des constituants intervenant dans la réaction ;
a, b, m, les coefficients stœchiométriques de ces constituants.

Tableau 34 (suite)

En passant des logarithmes naturels aux logarithmes décimaux, on obtient (à $n=1$)

$$E_{Ox/Réd}=E^0_{Ox/Réd}+\vartheta \lg \frac{a^a_{Ox}}{a^b_{Réd}} a^m_{H^+}$$

La valeur de ϑ, égale à 0,0591+0,0002 ($t-25$ °C) à la température de 0 à 50 °C, est donnée dans le *Tableau 34, A*.

Lorsque a_{Ox}, $a_{Réd}$ et a_{H^+} ou $a_{Me^{n+}}$ sont égales à l'unité,

$$E=E^0$$

Par convention on prend la grandeur E^0 pour *potentiel normal d'électrode*. On représente un système d'oxydo-réduction sous la forme d'une réaction de réduction :

$$Ox+ne \rightarrow Réd \text{ ou } Me^{n+}+ne \rightarrow Me\downarrow$$

La mesure du potentiel d'une électrode isolée n'est pas réalisable, c'est pourquoi on mesure la force électromotrice (f.é.m.) d'une pile galvanique comprenant deux demi-piles ; la valeur de la f.é.m. est égale à la différence des potentiels d'électrode de ces demi-piles. Si les piles galvaniques sont toujours constituées d'une même demi-pile dont le potentiel d'électrode est de valeur constante et de différents autres demi-piles, alors après avoir mesuré la f.é.m., on peut trouver les valeurs des potentiels d'électrode des systèmes d'oxydo-réduction par rapport au potentiel d'une demi-pile choisie, qui sert, dans ce cas, d'électrode de référence ($E_{réf}$).

On utilise comme demi-pile de référence l'électrode normale à hydrogène (ENH) constituée d'électrode de platine platiné immergée dans une solution d'acide, où $a_{H^+}=1$ (solution de H_2SO_4 1 N) sous une pression d'hydrogène purifié en phase gazeuse, qui est égale à 1 atm. La convention revient à prendre le potentiel d'électrode normale à hydrogène ($E^0_{H^+/H_2}$) pour égal à zéro, cette convention vaut pour toute température.

Les potentiels normaux (E^0) de divers systèmes d'oxydo-réduction (rédox) rapportés au potentiel d'électrode normale à hydrogène sont représentés dans le *Tableau 40* (p. 347). Les signes + ou − de ces potentiels indiquent le sens du déroulement d'une réaction dans les demi-piles correspondantes (en état de référence) lorsqu'elles constituent une pile galvanique au potentiel d'électrode normale à hydrogène.

Lorsque la valeur du potentiel est de signe moins, la réaction qui se déroule spontanément dans la demi-pile correspond à l'oxydation de la forme réduite du couple rédox, le signe plus correspond à la réduction de la forme oxydée.

Tableau 34 (suite)

En réalité, l'électrode à hydrogène est moins pratique que les autres électrodes dont les potentiels sont constants et rapportés à E_{ENH}. Dans le *Tableau 34, B* (p. 310) sont représentés les compositions et les potentiels ($E_{réf}$) de demi-piles (électrodes de référence) les plus utilisées.

Lorsqu'on calcule le potentiel d'électrode d'un système rédox (E_X) d'après les résultats de la mesure de la f.é.m. d'une pile galvanique dont la deuxième demi-pile est l'une des électrodes de référence (voir p. 310), on doit prendre en considération le signe des demi-piles à étudier. Si la réaction qui se déroule spontanément dans la demi-pile à étudier est une oxydation (c.-à-d. que la demi-pile porte un signe négatif), on aura :

$$\text{f.é.m.} = E_{réf} - E_X$$

ou si c'est une réduction, on aura :

$$\text{f.é.m.} = E_X - E_{réf}$$

D'où pour le premier cas

$$E_X = E_{réf} - \text{f.é.m.}$$

et pour le second

$$E_X = E_{réf} + \text{f.é.m.}$$

Ainsi, pour une pile galvanique constituée d'électrode de référence saturée au calomel ($E_{sat.é.c.} = 0{,}247$ V, voir p. 314) et d'électrode au zinc, immergée dans une solution dans laquelle $a_{Zn^{2+}} = 1$, la valeur absolue de la f.é.m. mesurée sera de 1,007 V. Du fait que dans cette pile galvanique la réaction spontanée sera l'oxydation du zinc métallique (signe $-$) :

$$Zn \downarrow - 2e \rightarrow Zn^{2+}$$

il en résultera :

$$E^0_{Zn^{2+}/Zn} = E_{réf} - \text{f.é.m.} = 0{,}247 - 1{,}007 = -0{,}760 \text{ V}$$

Si la pile galvanique est constituée d'électrode de référence saturée au calomel et d'électrode au platine immergée dans une solution de sel de fer, où $a_{Fe^{3+}} = a_{Fe^{2+}} = 1$, la valeur absolue de la f.é.m. sera égale à $+0{,}524$ V. Puisque la réaction spontanée dans cette pile sera la réduction (signe $+$) du fer (III) en fer (II) :

$$Fe^{3+} + e = Fe^{2+}$$

on aura :

$$E^0_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} = E_{réf} + \text{f.é.m.} = 0{,}247 + 0{,}524 = 0{,}771 \text{ V}$$

Tableau 34 (suite)

A. Valeurs de ϑ pour $n = 1$ et aux températures de 0 à 50 °C

$\vartheta = 0{,}0001983\ T = 0{,}0591 + 0{,}0002\ (t - 25\ °C)$

Température, °C	ϑ	lg ϑ	Température, °C	ϑ	lg ϑ	Température, °C	ϑ	lg ϑ
0	0,0541	73 320	17	0,0575	75 967	34	0,0609	78 462
1	0,0543	73 480	18	0,0577	76 118	35	0,0611	78 604
2	0,0545	73 640	19	0,0579	76 268	36	0,0613	78 746
3	0,0547	73 799	20	0,0581	76 418	37	0,0615	78 888
4	0,0549	73 957	21	0,0583	76 567	38	0,0617	79 029
5	0,0551	74 115	22	0,0585	76 716	39	0,0619	79 169
6	0,0553	74 273	23	0,0587	76 864	40	0,0621	79 309
7	0,0555	74 429	24	0,0589	77 012	41	0,0623	79 449
8	0,0557	74 586	25	0,0591	77 159	42	0,0625	79 588
9	0,0559	74 741	26	0,0593	77 305	43	0,0627	79 727
10	0,0561	74 896	27	0,0595	77 452	44	0,0629	79 865
11	0,0563	75 051	28	0,0597	77 597	45	0,0631	80 003
12	0,0565	75 205	29	0,0599	77 743	46	0,0633	80 140
13	0,0567	75 358	30	0,0601	77 887	47	0,0635	80 277
14	0,0569	75 511	31	0,0603	78 032	48	0,0637	80 414
15	0,0571	75 664	32	0,0605	78 176	49	0,0639	80 550
16	0,0573	75 815	33	0,0607	78 319	50	0,0641	80 686

B. Composition et potentiel de certaines électrodes de référence par rapport à l'électrode normale à hydrogène
(à 20 °C)

Electrode de référence	Composition de l'électrode de référence	Potentiel $E_{réf}$ (V)
Normale à hydrogène (ENH) Pt, $H_2 \mid H^+ \mid$	Lame de platine platinée dans une solution de H_2SO_4 1 M, saturée de H_2 sous pression de 1 atm	0,000

Tableau 34 (suite)

Electrode de référence	Composition de l'électrode de référence	Potentiel $E_{rél}$ (V)
A l'iodure de mercure (EIM) Hg| HgI_2, KI, KCl|	Mercure métallique, 4,2 g de KI et 1,3 g de HgI_2 dans 100 ml de solution saturée de KCl	+0,02
Au chlorure d'argent (ECh-arg) Ag|AgCl, Cl^-|	Argent métallique recouvert de couche de AgCl, dans une solution de HCl ou de KCl aux concentrations suivantes	
	0,1 N	+0,290
	1,0 N	+0,237
Au calomel (EC) Hg|Hg_2Cl_2, KCl|	Mercure métallique, pâte en mercure métallique et Hg_2Cl_2 dans une solution de KCl aux concentrations suivantes	
0,1 (0,1 ENC)	0,1 N	+0,337
1,0 (ENC)	1,0 N	+0,284
3,5 (3,5 ENC)	3,5 N	+0,250
Saturée (EC sat)	Saturée	+0,247
Au sulfate de mercure (EM-sulf) Hg|Hg_2SO_4, H_2SO_4|	Mercure métallique, pâte en mercure métallique et Hg_2SO_4 dans une solution de H_2SO_4 2 N	+0,682

Tableau 35

Détermination électrométrique du *p*H

L'indice d'hydrogène $pH = -\lg a_{H^+}$. Le dosage électrométrique du *p*H comprend la mesure de la f.é.m. de la chaîne composée suivant un des procédés décrits ci-après.

1. L'électrode indicatrice est celle à hydrogène, l'électrode de référence, ENH :

$$\text{f.é.m.} = E_{ENH} - E_{2H^+/H_2}$$

étant donné que $E_{ENH} = 0$ et

$$E_{2H^+/H_2} = \vartheta \lg a_{H^+} = -\vartheta\, pH$$

on aura :

$$pH = \frac{\text{f.é.m.}}{\vartheta}$$

2. L'électrode indicatrice est celle à hydrogène, l'électrode de référence, l'une des électrodes au calomel (EC) :

$$\text{f.é.m.} = -E_{EC} - E_{2H^+/H_2}$$

d'où

$$\text{f.é.m.} = E_{EC} + \vartheta\, pH$$

et

$$pH = \frac{\text{f.é.m.} - E_{EC}}{\vartheta}$$

3. L'électrode indicatrice est celle à quinhydrone, l'électrode de référence, ENH :

$$\text{f.é.m.} = E_{quin/hydr} - E_{ENH}$$

$$E_{quin/hydr} = E^0_{quin/hydr} + \vartheta \lg a_{H^+} = E^0_{quin/hydr} - \vartheta\, pH$$

d'où

$$\text{f.é.m.} = E^0_{quin/hydr} - \vartheta\, pH - E_{ENH}$$

puisque $E_{ENH} = 0$, on aura :

$$pH = \frac{E^0_{quin/hydr} - \text{f.é.m.}}{\vartheta}$$

Tableau 35 (suite)

4. L'électrode indicatrice est celle à quinhydrone, l'électrode de référence, EC :

$$\text{f.é.m.} = E_{\text{quin/hydr}} - E_{\text{EC}}$$

d'où

$$\text{f.é.m.} = E^{0}_{\text{quin/hydr}} - \vartheta\, p\text{H} - E_{\text{EC}}$$

et

$$p\text{H} = \frac{E^{0}_{\text{quin/hydr}} - E_{\text{EC}} - \text{f.é.m.}}{\vartheta}$$

Les valeurs de $E^{0}_{\text{quin/hydr}}$, E_{EC} et $E^{0}_{\text{quin/hydr}} - E_{\text{EC}}$ aux différentes températures sont représentées pp. 313-314.

Lorsqu'on trouve le pH suivant les procédés 3 et 4, il importe de tenir compte des indications données p. 308. Au fur et à mesure que la valeur du pH croît, le potentiel $E_{\text{quin/hydr}}$ diminue et il peut décroître à tel point que l'oxydation de l'hydroquinone en quinone deviendra la réaction spontanée dans la demi-pile à quinhydrone (signe $-$). De ce fait les formules de calcul se modifieront :

pour le procédé 3 :

$$\text{f.é.m.} = E_{\text{ENH}} - E_{\text{quin/hydr}} = -(E^{0}_{\text{quin/hydr}} - \vartheta\, p\text{H}) = \vartheta\, p\text{H} - E^{0}_{\text{quin/hydr}}$$

$$p\text{H} = \frac{\text{f.é.m.} + E^{0}_{\text{quin/hydr}}}{\vartheta}$$

pour le procédé 4 :

$$\text{f.é.m.} = E_{\text{EC}} - E_{\text{quin/hydr}} = E_{\text{EC}} - (E^{0}_{\text{quin/hydr}} - \vartheta\, p\text{H}) =$$

$$= E_{\text{EC}} + \vartheta\, p\text{H} - E^{0}_{\text{quin/hydr}}$$

$$p\text{H} = \frac{\text{f.é.m.} + E^{0}_{\text{quin/hydr}} - E_{\text{EC}}}{\vartheta}$$

Tableau 35 (suite)

A. Potentiel normal d'électrode à quinhydrone ($E^0_{quin/hydr}$) aux températures de 0 à 50 °C $E_{quin/hydr} = 0{,}7175 - 0{,}00074$ V

Température (°C)	$E^0_{quin/hydr}$ (V)	Température (°C)	$E^0_{quin/hydr}$ (V)	Température (°C)	$E^0_{quin/hydr}$ (V)
0	0,7175	18	0,7042	35	0,6916
1	0,7168	19	0,7034	36	0,6909
2	0,7160	20	0,7027	37	0,6901
3	0,7153	21	0,7020	38	0,6894
4	0,7145	22	0,7012	39	0,6886
5	0,7138	23	0,7005	40	0,6879
6	0,7131	24	0,6997	41	0,6872
7	0,7123	25	0,6990	42	0,6864
8	0,7116	26	0,6983	43	0,6857
9	0,7108	27	0,6975	44	0,6849
10	0,7101	28	0,6968	45	0,6842
11	0,7094	29	0,6960	46	0,6835
12	0,7086	30	0,6953	47	0,6827
13	0,7079	31	0,6946	48	0,6820
14	0,7071	32	0,6938	49	0,6812
15	0,7064	33	0,6931	50	0,6805
16	0,7057	34	0,6923		
17	0,7049				

Tableau 35 (suite)

B. Potentiels d'électrode au calomel aux températures de 0 à 50 °C

$$E_{0,1ENC} = 0,3365 - 0,00006\,(25 - t)\ V$$

$$E_{ENC} = 0,2828 - 0,00024\,(25 - t)\ V$$

$$E_{EC\,sat} = 0,2438 - 0,00065\,(25 - t)\ V$$

Température (°C)	Potentiel (V)			Température (°C)	Potentiel (V)		
	$E_{0,1ENC}$	E_{ENC}	$E_{EC\,sat}$		$E_{0,1ENC}$	E_{ENC}	$E_{EC\,sat}$
0	0,3380	0,2888	0,2601	26	0,3364	0,2826	0,2431
1	0,3379	0,2886	0,2594	27	0,3364	0,2823	0,2425
2	0,3379	0,2883	0,2588	28	0,3363	0,2821	0,2418
3	0,3378	0,2881	0,2581	29	0,3363	0,2818	0,2412
4	0,3378	0,2878	0,2575	30	0,3362	0,2816	0,2405
5	0,3377	0,2876	0,2568	31	0,3361	0,2814	0,2399
6	0,3376	0,2874	0,2562	32	0,3361	0,2811	0,2393
7	0,3376	0,2871	0,2555	33	0,3360	0,2809	0,2386
8	0,3375	0,2869	0,2549	34	0,3360	0,2806	0,2379
9	0,3375	0,2866	0,2542	35	0,3359	0,2804	0,2373
10	0,3374	0,2864	0,2536	36	0,3358	0,2802	0,2366
11	0,3373	0,2862	0,2529	37	0,3358	0,2799	0,2360
12	0,3373	0,2859	0,2523	38	0,3357	0,2797	0,2353
13	0,3372	0,2857	0,2516	39	0,3357	0,2794	0,2347
14	0,3372	0,2854	0,2510	40	0,3356	0,2792	0,2340
15	0,3371	0,2852	0,2503	41	0,3355	0,2790	0,2334
16	0,3370	0,2850	0,2497	42	0,3355	0,2787	0,2327
17	0,3370	0,2847	0,2490	43	0,3354	0,2785	0,2321
18	0,3369	0,2845	0,2483	44	0,3354	0,2782	0,2314
19	0,3369	0,2842	0,2477	45	0,3353	0,2780	0,2308
20	0,3368	0,2840	0,2471	46	0,3352	0,2778	0,2301
21	0,3367	0,2838	0,2464	47	0,3352	0,2775	0,2295
22	0,3367	0,2835	0,2458	48	0,3351	0,2773	0,2288
23	0,3366	0,2833	0,2451	49	0,3351	0,2770	0,2282
24	0,3366	0,2830	0,2445	50	0,3350	0,2768	0,2275
25	0,3365	0,2828	0,2438				

Tableau 35 (suite)

C. Différence entre le potentiel normal d'électrode à quinhydrone ($E^0_{quin/hydr}$) et les potentiels d'électrode de référence au calomel (E_{EC}) aux températures de 0 à 50 °C ($E^0_{quin/hydr} - E_{EC}$)

Température (°C)	$E^0_{quin/hydr} - E_{0,1ENC}$	$E^0_{quin/hydr} - E_{ENC}$	$E^0_{quin/hydr} - E_{EC\,sat}$	Température (°C)	$E^0_{quin/hydr} - E_{0,1ENC}$	$E^0_{quin/hydr} - E_{ENC}$	$E^0_{quin/hydr} - E_{EC\,sat}$
0	0,3795	0,4287	0,4575	26	0,3618	0,4157	0,4551
1	0,3788	0,4282	0,4574	27	0,3611	0,4152	0,4550
2	0,3781	0,4277	0,4573	28	0,3605	0,4147	0,4549
3	0,3775	0,4272	0,4572	29	0,3598	0,4142	0,4548
4	0,3768	0,4267	0,4571	30	0,3591	0,4137	0,4548
5	0,3761	0,4262	0,4570	31	0,3584	0,4132	0,4547
6	0,3754	0,4257	0,4569	32	0,3577	0,4127	0,4546
7	0,3747	0,4252	0,4568	33	0,3571	0,4122	0,4545
8	0,3741	0,4247	0,4567	34	0,3564	0,4117	0,4544
9	0,3734	0,4242	0,4566	35	0,3557	0,4112	0,4543
10	0,3727	0,4237	0,4566	36	0,3550	0,4107	0,4542
11	0,3720	0,4232	0,4565	37	0,3543	0,4102	0,4541
12	0,3713	0,4227	0,4564	38	0,3537	0,4097	0,4540
13	0,3707	0,4222	0,4563	39	0,3530	0,4092	0,4539
14	0,3700	0,4217	0,4562	40	0,3523	0,4087	0,4539
15	0,3693	0,4212	0,4561	41	0,3516	0,4082	0,4538
16	0,3686	0,4207	0,4560	42	0,3509	0,4077	0,4537
17	0,3679	0,4202	0,4559	43	0,3503	0,4072	0,4536
18	0,3673	0,4197	0,4558	44	0,3496	0,4067	0,4535
19	0,3666	0,4192	0,4557	45	0,3489	0,4062	0,5334
20	0,3659	0,4187	0,4557	46	0,3482	0,4057	0,4533
21	0,3652	0,4182	0,4556	47	0,3475	0,4052	0,4532
22	0,3645	0,4177	0,4555	48	0,3469	0,4047	0,4531
23	0,3639	0,4172	0,4554	49	0,3462	0,4042	0,4530
24	0,3632	0,4167	0,4553	50	0,3455	0,4037	0,4530
25	0,3625	0,4162	0,4552				

Tableau 36

pH de précipitation des hydroxydes de métaux (valeurs approximatives compte tenu de la formation des hydroxocomplexes) *

Hydroxyde	Valeurs du pH				
	du début de la précipitation à la concentration initiale en ion à précipiter égale à		de la précipitation complète (la concentration résiduelle est inférieure à 10^{-5} M)	du début de la dissolution du précipité (la précipitation cesse d'être complète)	de la dissolution complète du précipité
	1 M	0,01 M			
$Sn(OH)_4$	0	0,5	1	13	15
$TiO(OH)_2$	0	0,5	2,0	—	—
$Sn(OH)_2$	0,9	2,1	4,7	10	13,5
$ZrO(OH)_2$	1,3	2,25	3,75	—	—
HgO	1,3	2,4	5,0	11,5	—
$Fe(OH)_3$	1,5	2,3	4,1	14	—
$Al(OH)_3$	3,3	4,0	5,2	7,8	10,8
$Cr(OH)_3$	4,0	4,9	6,8	12	15
$Be(OH)_2$	5,2	6,2	8,8	—	—
$Zn(OH)_2$	5,4	6,4	8,0	10,5	12—13
Ag_2O	6,2	8,2	11,2	12,7	—
$Fe(OH)_2$	6,5	7,5	9,7	13,5	—
$Co(OH)_2$	6,6	7,6	9,2	14,1	—
$Ni(OH)_2$	6,7	7,7	9,5	—	—
$Cd(OH)_2$	7,2	8,2	9,7	—	—
$Mn(OH)_2$	7,8	8,8	10,4	14	—
$Mg(OH)_2$	9,4	10,4	12,4	—	—

* Il faut tenir compte du fait que lors de la précipitation des hydroxydes par addition d'une solution alcaline à une solution saline correspondante un dépassement local de la valeur du pH et la formation d'un précipité, qui, souvent, n'est pas redissout par agitation, ont lieu aux endroits où tombent les gouttes de réactif précipitant (pour les différentes valeurs des produits de solubilité des hydroxydes au moment de la précipitation et après un certain vieillissement consulter le *Tableau 10*).

Tableau 37

Constantes de dissociation des acides et des bases les plus importants

Le *Tableau 37* représente les constantes thermodynamiques de dissociation des acides et des bases à 25 °C :

$$K_a = \frac{a_{H^+} a_{A^-}}{a_{HA}} = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} \cdot \frac{f_{H^+} f_{A^-}}{f_{HA}}$$

$$K_b = \frac{a_{Kt^+} a_{OH^-}}{a_{KtOH}} = \frac{[Kt^+][OH^-]}{[KtOH]} \cdot \frac{f_{Kt^+} f_{OH^-}}{f_{KtOH}}$$

où a_{H^+}, a_{A^-} etc., sont des activités des ions ou des molécules ;
H^+, A^- etc., des concentrations des ions ou des molécules ;
f_{H^+}, f_{A^-}, f_{Kt^+} etc., des coefficients d'activité des ions ou des molécules.

Acides

Nom		Formule	K_a	pK_a
Acétique		CH_3COOH	$1,74 \cdot 10^{-5}$	4,76
Acrylique		CH_2—$CHCOOH$	$5,5 \cdot 10^{-5}$	4,26
Adipique	K_1	$HOOC(CH_2)_4COOH$	$3,9 \cdot 10^{-5}$	4,26
	K_2		$5,1 \cdot 10^{-6}$	5,30
Aminoacétique (glycine)		NH_2CH_2COOH	$1,7 \cdot 10^{-10}$	9,78
Antimonique		$H[Sb(OH)_6]$	$4,0 \cdot 10^{-5}$	4,4
α-Aminopropionique (α-Alanine)		$CH_3CH(NH_2)COOH$	$1,35 \cdot 10^{-10}$	9,87
β-Aminopropionique (β-Alanine)		$NH_2(CH_2)_2COOH$	$5,9 \cdot 10^{-11}$	10,23
Arsénique	K_1	H_3AsO_4	$6,0 \cdot 10^{-3}$	2,22
	K_2		$1,05 \cdot 10^{-7}$	6,98
	K_3		$2,95 \cdot 10^{-12}$	11,53
Arsénieux		H_3AsO_3	$5,1 \cdot 10^{-10}$	9,29
Ascorbique	K_1	$CH_2(OH)CH(OH)\overline{CHC(OH)}$—$\overline{C(OH)CO}$ (cycle fermé par O entre CH et CO)	$9,1 \cdot 10^{-5}$	4,04
	K_2		$4,6 \cdot 10^{-12}$	11,34
Azélaïque	K_1	$HOOC(CH_2)_7COOH$	$2,9 \cdot 10^{-5}$	4,54
	K_2		$2,8 \cdot 10^{-6}$	5,55
Azothydrique		HN_3	$1,9 \cdot 10^{-5}$	4,72
Benzoïque		C_6H_5COOH	$6,2 \cdot 10^{-5}$	4,21
o-Borique	K_1	H_3BO_3	$5,8 \cdot 10^{-10}$	9,24
iso-Butyrique		$(CH_3)_2CHCOOH$	$1,4 \cdot 10^{-5}$	4,86
n-Butyrique		$CH_3CH_2CH_2COOH$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	4,82

Caproïque		$CH_3(CH_2)_4COOH$	$1{,}31 \cdot 10^{-5}$	4,88
Caprylique		$CH_3(CH_2)_6COOH$	$1{,}88 \cdot 10^{-5}$	4,89
Carbonique	K_1	$CO_2(aq.) + H_2O$	$4{,}5 \cdot 10^{-7}$	6,35
	K_2		$4{,}8 \cdot 10^{-11}$	10,32
Chloracétique		$CH_2ClCOOH$	$1{,}4 \cdot 10^{-3}$	2,86
Chloreux		$HClO_2$	$1{,}1 \cdot 10^{-2}$	1,97
Chromique	K_1	H_2CrO_4	$1{,}1 \cdot 10^{-1}$	0,98
	K_2		$3{,}2 \cdot 10^{-7}$	6,50
Chromotropique	K_1	$C_{10}H_6(OH)_2(SO_3H)_2$	$4{,}4 \cdot 10^{-6}$	5,36
	K_2		$2{,}5 \cdot 10^{-16}$	15,6
Cinnamique (*cis*-)		$C_6H_5CH—CHCOOH$	$1{,}3 \cdot 10^{-4}$	3,88
Cinnamique (*trans*-)		$C_6H_5CH—CHCOOH$	$3{,}7 \cdot 10^{-5}$	4,43
Citrique	K_1	$HOOCCH_2C(OH)(COOH)CH_2COOH$	$7{,}4 \cdot 10^{-4}$	3,13
	K_2		$1{,}8 \cdot 10^{-5}$	4,76
	K_3		$4{,}0 \cdot 10^{-7}$	6,40
m-Crésol		$CH_3C_6H_4OH$	$9{,}8 \cdot 10^{-11}$	10,01
o-Crésol		$CH_3C_6H_4OH$	$6{,}3 \cdot 10^{-11}$	10,20
p-Crésol		$CH_3C_6H_4OH$	$6{,}7 \cdot 10^{-11}$	10,17
Crotonique	K_1	$CH_3—CH—CHCOOH$	$2{,}0 \cdot 10^{-5}$	4,70
Cyanique		$HCNO$	$3{,}5 \cdot 10^{-4}$	3,46
Dichloracétique		$CHCl_2COOH$	$5{,}0 \cdot 10^{-2}$	1,30
Dichromique	K_2	$H_2Cr_2O_7$	$2{,}3 \cdot 10^{-2}$	1,64
Dimolybdique		$H_2Mo_2O_7$	$9{,}55 \cdot 10^{-6}$	5,02
Eau oxygénée		H_2O_2	$2{,}0 \cdot 10^{-12}$	11,70
Ethylènediaminetétra-cétique	K_1	$(HOOCCH_2)_2N—CH_2—CH_2—N(CH_2COOH)_2$	$1{,}0 \cdot 10^{-2}$	1,99
	K_2		$2{,}1 \cdot 10^{-3}$	2,67
	K_3		$5{,}4 \cdot 10^{-7}$	6,27
	K_4		$1{,}1 \cdot 10^{-11}$	10,95

Tableau 37 (suite)

Nom		Formule	K_a	pK_a
Ferrocyan-hydrique	K_3	$H_4Fe(CN)_6$	$2,7\cdot10^{-3}$	2,57
	K_4		$4,5\cdot10^{-5}$	4,35
Fluorhydrique		HF	$6,8\cdot10^{-4}$	3,17
Fluoro-phosphorique	K_1	$H_2\,[PO_3F]$	$2,8\cdot10^{-1}$	0,55
	K_2		$1,6\cdot10^{-5}$	4,80
Formique		HCOOH	$1,8\cdot10^{-4}$	3,75
Fumarique	K_1	HOOCHC—HCOOH	$9,3\cdot10^{-4}$	3,03
	K_2		$4,2\cdot10^{-5}$	4,38
Gallique		$C_6H_2(OH)_3COOH$	$3,9\cdot10^{-5}$	4,41
Germanique	K_1	H_4GeO_4	$1,7\cdot10^{-9}$	8,78
	K_2		$2,0\cdot10^{-13}$	12,7
Gluconique		$CH_2OH(CHOH)_4COOH$	$1,4\cdot10^{-4}$	3,86
Glutamique	K_1	$HOOC(CH_2)_2CH(NH_2)COOH$	$4,7\cdot10^{-5}$	4,33
	K_2		$1,2\cdot10^{-10}$	9,92
Glutarique	K_1	$HOOC(CH_2)_3COOH$	$4,6\cdot10^{-5}$	4,34
	K_2		$5,4\cdot10^{-6}$	5,27
Glycérique		$CH_2(OH)CH(OH)COOH$	$3,0\cdot10^{-4}$	3,52
Glycine		$HOOCCH_2NH_2$	$2,3\cdot10^{-12}$	11,64
Glycolique		$CH_2(OH)COOH$	$1,3\cdot10^{-4}$	3,88
Hydroquinone		$C_6H_4(OH)_2(1,4)$	$1,1\cdot10^{-10}$	9,96
Hydrosulfurique	K_2	$H_2S_2O_4$	$3,55\cdot10^{-3}$	2,45
Hypobromeux		HBrO	$2,5\cdot10^{-9}$	8,60
Hypochloreux		HClO	$5,0\cdot10^{-8}$	7,30
Hypoiodeux		HIO_3	$1,6\cdot10^{-1}$	0,79

Hyponitreux	K_1	$H_2N_2O_2$	$6{,}2\cdot10^{-8}$	7,21
	K_2		$2{,}9\cdot10^{-12}$	11,54
Hypophosphoreux		H_3PO_2	$5{,}9\cdot10^{-2}$	1,23
Hypophosphorique	K_1	$H_4P_2O_6$	$6{,}3\cdot10^{-3}$	2,20
	K_2		$1{,}6\cdot10^{-3}$	2,81
	K_3		$5{,}4\cdot10^{-8}$	7,27
	K_4		$9{,}3\cdot10^{-11}$	10,03
Lactique		$CH_3CH(OH)COOH$	$1{,}4\cdot10^{-4}$	3,86
Maléique	K_1	HOOCCH—CHCOOH	$1{,}2\cdot10^{-2}$	1,92
	K_2		$5{,}9\cdot10^{-7}$	6,23
Malique	K_1	$HOOCCH(OH)CH_2COOH$	$3{,}5\cdot10^{-4}$	3,46
	K_2		$8{,}9\cdot10^{-6}$	5,05
Malonique	K_1	$HOOCCH_2COOH$	$1{,}4\cdot10^{-3}$	2,85
	K_2		$2{,}0\cdot10^{-6}$	5,70
Mandélique		$C_6H_5CH(OH)COOH$	$3{,}9\cdot10^{-4}$	3,41
Manganique	K_1	H_2MnO_4	$\sim10^{-1}$	~1
	K_2		$7{,}1\cdot10^{-11}$	10,15
Molybdique	K_1	H_2MoO_4	$2{,}9\cdot10^{-3}$	2,54
	K_2		$1{,}4\cdot10^{-4}$	3,86
Nitreux		HNO_2	$5{,}1\cdot10^{-4}$	3,29
m-Nitrobenzoïque		$NO_2C_6H_4COOH$	$3{,}5\cdot10^{-4}$	3,45
o-Nitrobenzoïque		$NO_2C_6H_4COOH$	$6{,}8\cdot10^{-3}$	2,17
p-Nitrobenzoïque		$NO_2C_6H_4COOH$	$3{,}6\cdot10^{-4}$	3,44
Noir au chrome acide spécial	K_1	Voir *Tableau 28* N 20	$5{,}0\cdot10^{-7}$	6,3
	K_2		$2{,}8\cdot10^{-12}$	11,55
Œnanthique		$CH_3(CH_2)_5COOH$	$1{,}3\cdot10^{-5}$	4,89

Tableau 37 (suite)

Nom		Formule	K_a	pK_a
Orthophosphorique	K_1	H_3PO_4	$7,6 \cdot 10^{-3}$	2,12
	K_2		$6,2 \cdot 10^{-8}$	7,21
	K_3		$4,2 \cdot 10^{-13}$	12,38
Oxalique	K_1	$H_2C_2O_4$	$5,6 \cdot 10^{-2}$	1,25
	K_2		$5,4 \cdot 10^{-5}$	4,27
8-Oxyquinoléine		C_9H_7ON	$1,3 \cdot 10^{-10}$	9,90
Periodique	K_1	HIO_4; H_5IO_6	$2,8 \cdot 10^{-2}$	1,55
	K_2		$5,4 \cdot 10^{-9}$	8,27
	K_3		$1,05 \cdot 10^{-15}$	14,98
Phénol		C_6H_5OH	$1,0 \cdot 10^{-10}$	10,0
Phosphoreux	K_1	H_3PO_3	$1,6 \cdot 10^{-2}$	1,80
	K_2		$2,0 \cdot 10^{-7}$	6,70
m-Phtalique	K_1	$C_6H_4(COOH)_2$	$2,0 \cdot 10^{-4}$	3,70
	K_2		$2,5 \cdot 10^{-5}$	4,60
o-Phtalique	K_1	$C_6H_4(COOH)_2$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	2,95
	K_2		$4,0 \cdot 10^{-6}$	5,40
p-Phtalique	K_1	$C_6H_4(COOH)_2$	$2,9 \cdot 10^{-4}$	3,54
	K_2		$3,5 \cdot 10^{-5}$	4,46
Picrique		$HOC_6H_2(NO_2)_3$	$5,1 \cdot 10^{-1}$	0,29
Propionique		CH_3CH_2COOH	$1,35 \cdot 10^{-5}$	4,87
Prussique		HCN	$6,2 \cdot 10^{-10}$	9,21
Résorcine		$C_6H_4(OH)_2(1,3)$	$3,6 \cdot 10^{-10}$	9,44
Rhodanique		$HSCN$	$1,4 \cdot 10^{-1}$	0,85
Salicylique		$C_6H_4(OH)COOH$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	2,97
Sébacique	K_1	$HOOC(CH_2)_8COOH$	$4,0 \cdot 10^{-5}$	4,40
	K_2		$6,0 \cdot 10^{-6}$	5,22

Sélénieux	K_1	H_2SeO_3	$2,4 \cdot 10^{-3}$	2,62
	K_2		$4,8 \cdot 10^{-9}$	8,32
Sélénhydrique	K_1	H_2Se	$1,3 \cdot 10^{-4}$	3,89
	K_2		$1,0 \cdot 10^{-11}$	11,0
Sélénique	K_2	H_2SeO_4	$1,3 \cdot 10^{-2}$	1,88
o-Silicique	K_1	H_4SiO_4	$1,3 \cdot 10^{-11}$	9,9
	K_2		$1,6 \cdot 10^{-12}$	11,8
	K_3		$2,0 \cdot 10^{-14}$	13,7
Succinique	K_1	$HOOCCH_2CH_2COOH$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	4,21
	K_2		$2,3 \cdot 10^{-6}$	5,63
Sulfamique		H_2NSO_3H	$1,05 \cdot 10^{-1}$	0,98
Sulfanilique		$H_2NC_6H_4SO_3H$	$6,3 \cdot 10^{-4}$	3,20
Sulfhydrique	K_1	H_2S	$1,0 \cdot 10^{-7}$	6,99
	K_2		$1,3 \cdot 10^{-13}$	12,89
Sulfosalicylique	K_2	$C_6H_3(OH)(COOH)SO_3H$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	2,86
	K_3		$1,8 \cdot 10^{-12}$	1,74
Sulfureux	K_1	H_2SO_3	$1,7 \cdot 10^{-2}$	1,76
	K_2		$6,2 \cdot 10^{-8}$	7,20
Sulfurique	K_2	H_2SO_4	$1,2 \cdot 10^{-2}$	1,94
Suroxyde d'hydrogène		HO_2	$6,3 \cdot 10^{-3}$	2,2
Tatrique	K_1	$HOOCCH(OH)CH(OH)COOH$	$9,1 \cdot 10^{-4}$	3,04
	K_2		$4,3 \cdot 10^{-5}$	4,37
Tellureux	K_1	H_2TeO_3	$2,7 \cdot 10^{-3}$	2,57
	K_2		$1,8 \cdot 10^{-8}$	7,74
Tellurhydrique	K_1	H_2Te	$2,3 \cdot 10^{-3}$	2,64
	K_2		$1 \cdot 10^{-11}$	11
Tellurique	K_1	H_6TeO_6	$2,0 \cdot 10^{-8}$	7,70
	K_2		$1,1 \cdot 10^{-11}$	10,95
	K_3		$1 \cdot 10^{-15}$	15

Tableau 37 (suite)

Nom		Formule	K_a	pK_a
Thiosulfurique	K_1	$H_2S_2O_3$	$2,5 \cdot 10^{-1}$	0,60
	K_2		$1,9 \cdot 10^{-2}$	1,72
Trichloracétique		CCl_3COOH	$2,0 \cdot 10^{-1}$	0,70
Tungstique		H_2WO_4	$6,3 \cdot 10^{-5}$	4,2
iso-Valérique		$(CH_3)_2CHCH_2COOH$	$1,7 \cdot 10^{-5}$	4,78
n-Valérique		$CH_3(CH_2)_3COOH$	$1,4 \cdot 10^{-5}$	4,86
o-Vanadique	K_2	H_3VO_4	$1,1 \cdot 10^{-9}$	8,95
	K_3		$4,0 \cdot 10^{-15}$	14,4

Bases

Nom		Formule	K_a	pK_a
Ammoniac (solution de)		$NH_3 + H_2O$	$1,76 \cdot 10^{-5}$	4,755
Aniline		$C_6H_5NH_2 + H_2O$	$4,2 \cdot 10^{-10}$	9,38
Argent (hydroxyde de)		$AgOH$	$5,0 \cdot 10^{-3}$	2,30
Baryum (hydroxyde de)	K_2	$Ba(OH)_2$	$2,3 \cdot 10^{-1}$	0,64
Benzidine	K_1	$H_2NC_6H_4C_6H_4NH_2 + H_2O$	$9,3 \cdot 10^{-10}$	9,03
	K_2	$H_2NC_6H_4C_6H_4NH_3 + H_2O$	$5,6 \cdot 10^{-11}$	10,25
Calcium (hydroxyde de)	K_2	$Ca(OH)_2$	$4,0 \cdot 10^{-2}$	1,40

Diéthylamine	$(C_2H_5)_2NH + H_2O$	$9,6 \cdot 10^{-4}$	3,02
Diméthylamine	$(CH_3)_2NH + H_2O$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	2,97
Diphénylamine	$(C_6H_5)_2NH + H_2O$	$7,1 \cdot 10^{-14}$	13,15
Ethanolamine	$H_2NCH_2CH_2OH + H_2O$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	4,75
Ethylamine	$CH_3CH_2NH_2 + H_2O$	$4,7 \cdot 10^{-4}$	3,33
Ethylènediamine K_1	$H_2NCH_2—CH_2NH_2 + H_2O$	$9,1 \cdot 10^{-5}$	4,04
K_2		$1,5 \cdot 10^{-7}$	6,82
Guanidine	$(H_2N)_2CNH + H_2O$	$3,0 \cdot 10^{-1}$	0,52
Hydrazine	$N_2H_4 + H_2O$	$9,8 \cdot 10^{-7}$	6,01
Hydroxylamine	$NH_2OH + H_2O$	$9,6 \cdot 10^{-9}$	8,02
Lithium (hydroxyde de)	$LiOH$	$6,8 \cdot 10^{-1}$	0,17
Méthylamine	$CH_3NH_2 + H_2O$	$5,25 \cdot 10^{-3}$	3,28
α-Naphtylamine	$C_{10}H_7NH_2 + H_2O$	$8,4 \cdot 10^{-11}$	10,08
β-Naphtylamine	$C_{10}H_7NH_2 + H_2O$	$1,3 \cdot 10^{-10}$	9,89
8-Oxyquinoléine	$C_9H_7ON + H_2O$	$1,0 \cdot 10^{-9}$	8,99
Phénylhydrazine	$C_6H_5NHNH_2 + H_2O$	$1,6 \cdot 10^{-9}$	8,80
Plomb (hydroxyde de) K_1	$Pb(OH)_2$	$9,55 \cdot 10^{-4}$	3,02
K_2		$3,0 \cdot 10^{-8}$	7,52
Pyridine	$C_5H_5N + H_2O$	$1,5 \cdot 10^{-9}$	8,82
Quinoléine	$C_9H_7N + H_2O$	$6,3 \cdot 10^{-10}$	9,20
Semi-carbazide	$H_2NCONHNH_2 + H_2O$	$2,7 \cdot 10^{-11}$	10,57
Thio-urée	$CS(NH_2)_2 + H_2O$	$1,35 \cdot 10^{-13}$	11,87
Triméthylamine	$(CH_3)_3N + H_2O$	$8,1 \cdot 10^{-5}$	4,09
Urée	$CO(NH_2)_2 + H_2O$	$1,5 \cdot 10^{-14}$	13,82
Urotropine (hexaméthylènetetramine)	$(CH_2)_6N_4 + H_2O$	$1,4 \cdot 10^{-9}$	8,87

Tableau 38

Constantes d'instabilité des ions complexes

L'indice mis en bas du signe K désigne le nombre de groupes du ligand près de l'atome central du complexe dissocié à un degré, on aura par exemple pour les complexes de Fe^{3+} ayant les ions chlorure :

$$K_1=\frac{[Fe^{3+}]\,[Cl^-]}{[FeCl^{2+}]} \qquad K_2=\frac{[FeCl^{2+}]\,[Cl^-]}{[FeCl_2^+]}$$

$$K_3=\frac{[FeCl_2^+]\,[Cl^-]}{[FeCl_3]} \qquad K_4=\frac{[FeCl_3]\,[Cl^-]}{[FeCl_4^-]}$$

Pour les constantes de dissociation complète des complexes au nombre correspondant de groupes du ligand, l'indice a deux chiffres et plus :

$$K_{1,\,2}=\frac{[Fe^{3+}]\,[Cl^-]^2}{[FeCl_2^+]} \qquad K_{1,\,2,\,3}=\frac{[Fe^{3+}]\,[Cl^-]^3}{[FeCl_3]} \qquad K_{1,\,2,\,3,\,4}=\frac{[Fe^{3+}]\,[Cl^-]^4}{[FeCl_4^-]}$$

On voit aisément que $K_{1,\,2}=K_1 \cdot K_2$; $K_{1,\,2,\,3}=K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$, etc. Le *Tableau 38* ne donne pas les constantes elles-mêmes mais leurs indices, c.-à-d. les logarithmes des constantes changés de signe:

$$pK_1=-\lg K_1 \quad pK_2=-\lg K_2 \quad pK_{1,\,2}=-\lg K_{1,\,2}$$

Seuls les indices des constantes de dissociation complète sont donnés, mais tenant compte des indications citées ci-dessus, on peut aisément trouver les indices des constantes des degrés de dissociation isolés d'après les différences telles que

$$pK_2=pK_{1,\,2}-pK_1 \quad pK_3=pK_{1,\,2,\,3}-pK_{1,\,2}, \text{ etc.}$$

Toutes les données sont rapportées aux températures de 20 à 30 °C.

Tableau 38 (suite)

A. Complexes avec les ligands minéraux

Ion central	pK_1	$pK_{1,2}$	$pK_{1,2,3}$	$pK_{1,2,3,4}$	$pK_{1,2,3,4,5}$	$pK_{1,2,3,4,5,6}$	Force ionique
			Complexes avec l'ammoniac NH_3				
Ag^{+}	3,32	7,24	—	—	—	—	0
Au^{+}	?	27	—	—	—	—	?
Au^{3+}	?	?	?	30	—	—	?
Cd^{2+}	2,51	4,47	5,77	6,56	6,26	4,56	0
Co^{2+}	1,99	3,50	4,43	5,07	5,13	4,39	0
Co^{3+}	7,3	14,0	20,1	25,7	30,8	35,21	2
Cu^{+}	5,93	10,86	—	—	—	—	2
Cu^{2+}	3,99	7,33	10,06	12,03	11,43	8,9	0
Fe^{2+}	1,4	2,2	?	3,7	—	—	0
Hg^{2+}	8,8	17,5	18,5	19,3	—	—	2
Mg^{2+}	0,23	0,08	−0,34	−1,04	−1,99	−3,29	2
Mn^{2+}	0,8	1,3	?	?	?	9(?)	2
Ni^{2+}	2,67	4,79	6,40	7,47	8,10	8,01	0
Tl^{+}	−0,9	—	—	—	—	—	2
Tl^{3+}	?	?	?	17(?)	—	—	?
Zn^{2+}	2,18	4,43	6,74	8,70	—	—	0
			Complexes avec le brome Br^{-}				
Ag^{+}	4,38 *	7,34	8,00	8,73	—	—	0
Au^{+}	?	12,46	—	—	—	—	?
Au^{3+}	?	?	?	31,5	—	—	?
Bi^{3+}	2,26	4,45	6,33 *	7,84	9,42	9,52	2
Cd^{2+}	2,23	3,00 *	2,83	2,93	—	—	0
Ce^{3+}	0,38	—	—	—	—	—	0
Co^{2+}	−2,30	—	—	—	—	—	?
Cu^{+}	?	5,92	—	—	—	—	0
Cu^{2+}	−0,03	?	—	—	—	—	0
Fe^{3+}	0,55	0,82	—	—	—	—	0
Hg^{2+}	9,05	17,33 *	19,74	21,00	—	—	0,5

* Molécules neutres en solution.

Tableau 38 (suite)

Ion central	pK_1	$pK_{1,2}$	$pK_{1,2,3}$	$pK_{1,2,3,4}$	$pK_{1,2,3,4,5}$	$pK_{1,2,3,4,5,6}$	Force ionique
In^{3+}	1,20	1,78	2,48*	3,33	—	—	1
Ni^{2+}	−0,12	−3,24*	?	−8,12	—	—	?
Pb^{2+}	2,23	3,00*	2,83	2,93	—	—	0
Pd^{2+}	?	?	?	13,10	—	—	0
Pt^{2+}	?	?	?	20,5	—	—	0
Sn^{2+}	0,73	1,14*	1,35	—	—	—	3
$SnOH^{+}$	0,70*	—	—	—	—	—	3
Tl^{+}	0,95	1,01	0,6	−0,2	—	—	0
Tl^{3+}	9,7	16,6	21,2*	23,9	25,5	26,2	0
UO_2^{2+}	−0,20	?	—	—	—	—	0
Zn^{2+}	−0,8	−2,2*	−2,9	−2,5	—	—	0
			Complexes avec l'hydrazine N_2H_4				
Cd^{2+}	2,25	2,40	2,78	3,89	—	—	1
Ni^{2+}	2,76	5,20	7,35	9,20	10,75	11,99	0,5
Zn^{2+}	3,40	3,70	3,78	3,88	—	—	1
			Complexes avec l'hydroxylamine NH_2OH				
Zn^{2+}	0,40	1,01	—	—	—	—	1
			Hydroxocomplexes OH^-				
Ag^{+}	2,30*	4,0	5,2	—	—	—	0
Al^{3+}	9,04	?	?	33,0	—	—	0
AsO^{+}	14,33*	18,73	20,60	21,2	—	—	?
Ba^{2+}	0,85	—	—	—	—	—	0
Be^{2+}	7,48	?	15,21	15,0	—	—	0
Bi^{3+}	12,4	15,8	?	35,2	—	—	0
Ca^{2+}	1,46	—	—	—	—	—	0
Cd^{2+}	4,17	8,33*	9,02	$<8,6$	—	—	?
Ce^{3+}	4,6	—	—	—	—	—	?
Ce^{4+}	13,28	27,06	—	—	—	—	2

* Molécules neutres en solution.

Tableau 38 (suite)

Ion central	pK_1	$pK_{1,2}$	$pK_{1,2,3}$	$pK_{1,2,3,4}$	$pK_{1,2,3,4,5}$	$pK_{1,2,3,4,5,6}$	Force ionique
Co^{2+}	4,4	4,6*	10,5	—	—	—	0
Cr^{3+}	10,1	17,8	—	29,9	—	—	0
Cu^{2+}	7,0	13,68*	17,0	18,5	—	—	
Fe^{2+}	5,56	9,77*	9,67	8,56	—	—	0
Fe^{3+}	11,87	21,17	30,67*	—	—	—	0
Ga^{3+}	11,0	21,7	?	34,3	38,0	40,3	0
Hg_2^{2+}	9,0	—	—	—	—	—	0,5
Hg^{2+}	10,30	21,70*	21,20	—	—	—	0,5
In^{3+}	9,9	19,8	?	28,7	—	—	0
La^{3+}	3,30	?	?	—	—	—	?
Li^{+}	0,17*	—	—	—	—	—	0
Mg^{2+}	2,58	?	—	—	—	—	0
Mn^{2+}	3,90	?	8,3	—	—	—	0
Ni^{2+}	4,97	8,55*	11,33	—	—	—	0
Pb^{2+}	6,9	10,8*	13,3	—	—	—	1
Sb^{3+}	?	24,3	36,7*	38,3	—	—	0
Sn^{2+}	11,86	20,64*	25,13	—	—	—	0
Sn^{4+}	?	?	?	?	?	63,0	0
Sr^{2+}	0,82	—	—	—	—	—	0
Th^{4+}	10,0	21,2	32,0	?	8,7	38,7	0
Tl^{+}	0,82*	—	—	—	—	—	0
Tl^{3+}	12,86	25,37	—	—	—	—	0
U^{4+}	13,3	?	?	?	41,2	—	0
UO_2^{2+}	9,8	18,6*	?	32,40	—	—	0,1
V^{3+}	11,1	21,6	—	—	—	—	?
VO^{2+}	8,6	—	—	—	—	—	?
VO^{3+}	?	25,2	?	46,2	58,5	—	?
Zn^{2+}	4,40	11,3*	13,14	14,66	—	—	
Zr^{4+}	14,32	28,26	41,91	55,27*	—	—	1
	Complexes avec l'hypophosphite $H_2PO_2^-$						
Fe^{3+}	2,77	—	—	—	—	—	?

* Molécules neutres en solution.

Tableau 38 (suite)

Ion central	pK_1	$pK_{1,2}$	$pK_{1,2,3}$	$pK_{1,2,3,4}$	$pK_{1,2,3,4,5}$	$pK_{1,2,3,4,5,6}$	Force ionique
			Complexes avec l'iodate IO_3^-				
Ag^+	0,63*	1,90	—	—	—	—	0
Ba^{2+}	1,1	—	—	—	—	—	0
Ca^{2+}	0,89	—	—	—	—	—	0
Cu^{2+}	0,82	—	—	—	—	—	0
Mg^{2+}	0,72	—	—	—	—	—	0
Sr^{2+}	0,98	—	—	—	—	—	0
Th^{IV}	2,88	4,79	7,15	—	—	—	0,5
Tl^+	0,50*	—	—	—	—	—	0
			Complexes avec l'iode I^-				
Ag^+	6,58*	11,74	13,68	13,10	—	—	0
Bi^{3+}	2,89	?	?	14,95	16,80	19,1	0
Cd^{2+}	2,28	3,92*	5,00	6,10	—	—	0
Cu^+	?	8,85	—	—	—	—	0
Fe^{3+}	1,88	?	?	—	—	—	0
Hg^{2+}	12,87	23,82*	27,60	29,83	—	—	0,5
In^{3+}	1,64	2,56	2,48*	—	—	—	0,7
Pb^{2+}	1,26	2,80*	3,42	3,92	—	—	1
Tl^+	1,41*	1,82	2,0	1,6	—	—	?
Tl^{3+}	11,41	20,88	27,60*	31,82	—	—	0
Zn^{2+}	−2,9	−1,6*	−1,7	−2,3	—	—	4,5
			Complexes avec le carbonate CO_3^{2-}				
Ca^{2+}	3,2*	—	—	—	—	—	0
Cu^{2+}	6,0*	10,0	—	—	—	—	0
Mg^{2+}	3,40*	—	—	—	—	—	0
UO_2^{2+}	?	14,6	18,3	—	—	—	0

* Molécules neutres en solution.

Tableau 38 (suite)

Ion central	pK_1	$pK_{1,2}$	$pK_{1,2,3}$	$pK_{1,2,3,4}$	$pK_{1,2,3,4,5}$	$pK_{1,2,3,4,5,6}$	Force ionique
			Complexes avec le nitrate NO_3^-				
Ag^+	−0,29*	—	—	—	—	—	0
Ba^{2+}	0,92	—	—	—	—	—	0
Bi^{3+}	1,26	—	—	—	—	—	0,1
Ca^{2+}	0,28	—	—	—	—	—	0
Cd^{2+}	0,40	—	—	—	—	—	0
Ce^{3+}	1,04	1,51	—	—	—	—	2
Fe^{3+}	1,0	—	—	—	—	—	0
Hf^{IV}	0,92	1,51	1,89	2,08*	2,08	1,81	4
Hg_2^{2+}	0,08	−0,24*	—	—	—	—	0,5
Hg^{2+}	0,35	~0*	—	—	—	—	?
La^{3+}	−0,26	—	—	—	—	—	1
Pb^{2+}	1,18	—	—	—	—	—	0
Pu^{IV}	0,54	—	—	—	—	—	1
Si^{2+}	0,82	—	—	—	—	—	0
Th^{IV}	0,78	1,11	1,00	0,74*	—	—	2
Tl^+	0,33*	—	—	—	—	—	0
Tl^{3+}	0,92	—	—	—	—	—	0,6
U^{IV}	0,36	0,47	0,42	0,18*	—	—	4
UO_2^{2+}	−1,4*	−1,4*	−0,5	—	—	—	1
Zr^{IV}	0,34	0,11	−0,26	−0,82*	−1,5	~ −1,7	4
			Complexes avec le nitrite NO_2^-				
Ag^+	1,88*	2,83	—	—	—	—	?
Cd^{2+}	1,80	3,01*	3,81	3,1	—	—	3
Cu^{2+}	1,26	1,56*	4,6	—	—	—	5
Hg^{2+}	?	?	?	13,54	—	—	?
			Complexes avec le perchlorate ClO_4^-				
Ce^{3+}	1,91	—	—	—	—	—	0
Fe^{3+}	1,15	—	—	—	—	—	0
Hg_2^{2+}	−0,05	—	—	—	—	—	?

* Molécules neutres en solution.

Tableau 38 (suite)

Ion central	pK_1	$pK_{1,2}$	$pK_{1,2,3}$	$pK_{1,2,3,4}$	$pK_{1,2,3,4,5}$	$pK_{1,2,3,4,5,6}$	Force ionique
Complexes avec le pyrophosphate $P_2O_7^{4-}$							
Ba^{2+}	4,64	—	—	—	—	—	?
Ca^{2+}	5,00	—	—	—	—	—	?
Cd^{2+}	5,6	4,18	—	—	—	—	3,5
Ce^{3+}	17,15	—	—	—	—	—	0
Co^{2+}	4,0	—	—	—	—	—	?
Cu^{+}	?	26,72	—	—	—	—	?
Cu^{2+}	5,20	10,30	—	—	—	—	?
Fe^{3+}	?	5,55	—	—	—	—	?
K^{+}	2,3	—	—	—	—	—	0
Li^{+}	2,39	—	—	—	—	—	1
Mg^{2+}	5,70	—	—	—	—	—	0,02
Na^{+}	2,22	—	—	—	—	—	0
Ni^{2+}	5,82	7,19	—	—	—	—	0,1
Pb^{2+}	11,24	16,5	—	—	—	—	0,1
Sn^{2+}	14	—	—	—	—	—	?
Sr^{2+}	4,66	—	—	—	—	—	?
Tl^{+}	1,69	1,9	—	—	—	—	2
Zn^{2+}	8,7	11,0	—	—	—	—	?
Complexes avec le pyrophosphate $HP_2O_7^{3-}$							
Cu^{2+}	6,4	10,0	—	—	—	—	?
Li^{+}	1,03	—	—	—	—	—	1
Na^{+}	1,52	—	—	—	—	—	0
Complexes avec le pyrophosphate $H_2P_2O_7^{2-}$							
Sn^{2+}	4,48*	6,08	—	—	—	—	2
$SnOH^{+}$	5,48	7,30	—	—	—	—	2

* Molécules neutres en solution.

Tableau 38 (suite)

Ion central	pK_1	$pK_{1,2}$	$pK_{1,2,3}$	$pK_{1,2,3,4}$	$pK_{1,2,3,4,5}$	$pK_{1,2,3,4,5,6}$	Force ionique
			Complexes avec le rhodanate SCN^-				
Ag^+	4,75*	8,23	9,45	9,67	—	—	0
Au^+	?	25	—	—	—	—	?
Au^{3+}	?	?	?	42,00	42,00	42,04	0
Bi^{3+}	1,15	2,26	?	3,41	?	4,23	0,1
Cd^{2+}	1,74	2,33*	~2	~3	—	—	0,1
Co^{2+}	3,0	3,0*	2,3	2,2	—	—	?
Cr^{3+}	3,08	4,8	5,8*	6,1	5,4	3,8	0
Cu^+	?	12,11	9,90	10,05	9,59	9,27	0
Cu^{2+}	2,30	3,65*	5,19	6,52	—	—	0
Fe^{2+}	0,95	0,07*	—	—	—	—	?
Fe^{3+}	3,03	4,33	4,63*	4,53	4,23	3,23	0
Hg^{2+}	?	17,47*	19,15	19,77	—	—	?
In^{3+}	2,58	3,60	4,63*	—	—	—	2
Ni^{2+}	1,18	1,64*	1,81	—	—	—	1
Pb^{2+}	1,09	2,52*	?	0.85	?	0,30	?
Th^{4+}	1,08	?	1,78	—	—	—	1
$TiOH^{3+}$	1,7	—	—	—	—	—	1
Tl^+	0,80*	0,65	0,2	0	—	—	0
U^{4+}	1,49	1,95	2,18	—	—	—	1
UO^{2+}	0,93	0,91*	1,35	—	—	—	0
Zn^{2+}	1,7	2,1*	2,2	3,7	—	—	0,1
$ZnOH^+$	2,01*	?	2,66	—	—	—	1,7
			Complexes avec le sélénate SeO_4^{2-}				
Cd^{2+}	2,27*	—	—	—	—	—	0
Zn^{2+}	2,19*	—	—	—	—	—	0
			Complexes avec le sélénite SeO_3^{2-}				
Cd^{2+}	?	5,15	—	—	—	—	1
Hg^{2+}	?	12,48	—	—	—	—	1

* Molécules neutres en solution.

Tableau 38 (suite)

Ion central	pK_1	$pK_{1,2}$	$pK_{1,2,3}$	$pK_{1,2,3,4}$	$pK_{1,2,3,4,5}$	$pK_{1,2,3,4,5,6}$	Force ionique
			Complexes avec le sulfate SO_4^{2-}				
Al^{3+}	3,2	5,1	—	—	—	—	0
Ag^{+}	0,23	0,28	—	—	—	—	3
Ba^{2+}	2,36*	—	—	—	—	—	0
Ca^{2+}	2,31*	—	—	—	—	—	0
Cd^{2+}	2,31*	?	?	—	—	—	0
Ce^{3+}	3,37	—	—	—	—	—	0
Ce^{4+}	3,3	—	—	—	—	—	2
Co^{2+}	2,47*	—	—	—	—	—	0
Co^{3+}	1,34	—	—	—	—	—	2,7
Cu^{2+}	2,36*	?	—	—	—	—	0
Fe^{2+}	2,30*	—	—	—	—	—	0
Fe^{3+}	4,18	7,4	—	—	—	—	0
Hf^{4+}	3,11	5,58*	—	—	—	—	2
Hg_2^{2+}	1,30*	2,40	—	—	—	—	0,5
Hg^{2+}	1,34	2,3	—	—	—	—	0,5
In^{3+}	1,85	2,60	3,00	—	—	—	1
K^{+}	0,96	—	—	—	—	—	0
La^{3+}	3,82	—	—	—	—	—	0
Li^{+}	0,64	—	—	—	—	—	0
Mg^{2+}	2,36*	—	—	—	—	—	0
Mn^{2+}	2,28*	—	—	—	—	—	0
Na^{+}	0,72	—	—	—	—	—	0
Ni^{2+}	2,34*	—	—	—	—	—	0
Pb^{2+}	3,7*	—	—	—	—	—	0
Pu^{3+}	1,0	1,62	—	—	—	—	2
Pu^{4+}	3,66	—	6,46	4,44	—	—	1
Th^{4+}	3,32	5,70*	—	—	—	—	2
TiO^{2+}	2,40*	—	—	—	—	—	
Tl^{+}	1,37	—	—	—	—	—	0
U^{4+}	3,24	5,42*	—	—	—	—	2

* Molécules neutres en solution.

Tableau 38 (suite)

Ion central	pK_1	$pK_{1,2}$	$pK_{1,2,3}$	$pK_{1,2,3,4}$	$pK_{1,2,3,4,5}$	$pK_{1,2,3,4,5,6}$	Force ionique
UO_2^{2+}	2,72*	4,20	—	—	—	—	0
VO^{2+}	2,48	—	—	—	—	—	0
Zn^{2+}	2,34*	—	—	—	—	—	0
Zr^{4+}	3,79	6,64*	7,77	—	—	—	2
			Complexes avec le sulfite SO_3^{2-}				
Ag^+	5,60	8,68	9,00	—	—	—	0
Cd^{2+}	?	4,19	—	—	—	—	1
Cu^+	7,85	8,70	9,36	—	—	—	1
Hg^{2+}	?	24,07	24,96	—	—	—	0
Tl^{3+}	?	?	?	34	—	—	?
			Complexes avec le thiosulfate $S_2O_3^{2-}$				
Ag^+	8,82	13,46	14,15	—	—	—	0
Ba^{2+}	2,33*	—	—	—	—	—	0
Ca^{2+}	1,91*	—	—	—	—	—	0
Cd^{2+}	3,94*	6,48	8,2	?	—	—	0
Co^{2+}	2,05*	—	—	—	—	—	0
Cu^+	10,27	12,22	13,84	—	—	—	2
Cu^{2+}	?	12,29	—	—	—	—	?
Fe^{2+}	2,0*	?	?	<2	—	—	0
Fe^{3+}	2,10	—	—	—	—	—	0,5
Hg^{2+}	?	29,86	32,26	33,61	—	—	0
K^+	1,00	—	—	—	—	—	0
La^{3+}	0,8	—	—	—	—	—	1
Mg^{2+}	1,79*	—	—	—	—	—	0
Mn^{2+}	1,95*	—	—	—	—	—	0
Na^+	0,58	—	—	—	—	—	0
Ni^{2+}	2,06*	—	—	—	—	—	0
Pb^{2+}	2,7*	5,13	6,35	7,2	—	—	?
Sr^{2+}	2,04*	—	—	—	—	—	0

* Molécules neutres en solution.

Tableau 38 (suite)

Ion central	pK_1	$pK_{1,2}$	$pK_{1,2,3}$	$pK_{1,2,3,4}$	$pK_{1,2,3,4,5}$	$pK_{1,2,3,4,5,6}$	Force ionique
Tl^{+}	1,91	—	—	—	—	—	0
Tl^{3+}	?	?	?	41	—	—	?
Zn^{2+}	2,29*	4,59	?	<0,6	—	—	0
Complexes avec le tétramétaphosphate $P_4O_{12}^{4-}$							
Ba^{2+}	4,99	—	—	—	—	—	0
Ca^{2+}	5,42	—	—	—	—	—	0
La^{3+}	6,66	—	—	—	—	—	0
Mg^{2+}	5,17	—	—	—	—	—	0
Mn^{2+}	5,74	—	—	—	—	—	0
Ni^{2+}	4,95	—	—	—	—	—	0
Sr^{2+}	5,15	—	—	—	—	—	0
Complexes avec le trimétaphosphate $P_3O_9^{3-}$							
Ba^{2+}	3,35	—	—	—	—	—	0
Ca^{2+}	3,45	—	—	—	—	—	0
La^{3+}	5,70	—	—	—	—	—	0
Mg^{2+}	3,31	—	—	—	—	—	0
Mn^{2+}	3,57	—	—	—	—	—	0
Na^{+}	1,17	—	—	—	—	—	0
Ni^{2+}	3,22	—	—	—	—	—	0
Sr^{2+}	3,35	—	—	—	—	—	0
Complexes avec le phosphate PO_4^{3-}							
Ce^{3+}	18,53*	—	—	—	—	—	0
Complexes avec le phosphate HPO_4^{2-}							
Ca^{2+}	2,70*	—	—	—	—	—	0
Fe^{3+}	9,75	—	—	—	—	—	0
Mg^{2+}	2,50*	—	—	—	—	—	0
Pu^{IV}	12,9	23,7*	33,4	43,2	52,0	—	2

* Molécules neutres en solution.

Tableau 38 (suite)

Ion central	pK_1	$pK_{1,2}$	$pK_{1,2,3}$	$pK_{1,2,3,4}$	$pK_{1,2,3,4,5}$	$pK_{1,2,3,4,5,6}$	Force ionique
			Complexes avec le phosphate $H_2PO_4^-$				
Al^{3+}	~3	~5,3	7,6*	—	—	—	0,1
Ca^{2+}	1,08	—	—	—	—	—	0
Cu^{2+}	?	1,49*	—	—	—	—	0
Fe^{3+}	3,5	?	?	9,15	—	—	?
UO_2^{2+}	3,00	5,43*	7,33	—	—	—	0
			Complexes avec le phosphate H_3PO_4				
Pu^{IV}	2,3	—	—	—	—	—	2
Th^{IV}	1,89	—	—	—	—	—	2
UO_2^{2+}	<1,8	3,9	5,3	—	—	—	0
			Complexes avec le fluor F^-				
Ag^+	0,36*	—	—	—	—	—	0
Al^{3+}	7,10	11,98	15,83*	18,53	20,20	20,67	0
Ba^{2+}	<0,45	—	—	—	—	—	0
Be^{2+}	5,89	10,83*	14,39*	16,38	—	—	?
Ca^{2+}	<1,04	—	—	—	—	—	0
Cd^{2+}	0,46	0,53*	—	—	—	—	1
Ce^{3+}	3,99	—	—	—	—	—	0
Cr^{3+}	5,20	8,54	11,02*	—	—	—	0
Cu^{2+}	1,23	—	—	—	—	—	0
Fe^{3+}	6,04	10,74	13,74*	15,74	16,10	~16,10	0
Ca^{3+}	4,5	8,3	11,0*	12,5	12,8	—	?
Hg^{2+}	1,56	—	—	—	—	—	0
In^{3+}	4,63	7,41	10,23*	—	—	—	0
La^{3+}	3,56	—	—	—	—	—	0
Mg^{2+}	1,82	—	—	—	—	—	0
Mn^{3+}	5,76	—	—	—	—	—	2
Pu^{3+}	7,94	—	—	—	—	—	0
Sc^{3+}	7,08	12,88	17,33*	20,81	—	—	0

* Molécules neutres en solution.

Tableau 38 (suite)

Ion central	pK_1	$pK_{1,2}$	$pK_{1,2,3}$	$pK_{1,2,3,4}$	$pK_{1,2,3,4,5}$	$pK_{1,2,3,4,5,6}$	Force ionique
Sn^{2+}	4,85	?	~10	—	—	—	0
Sn^{4+}	?	?	?	?	?	~25	0
Th^{4+}	7,65	13,46	17,97	—	—	—	0,5
Tl^{+}	0,10*	—	—	—	—	—	0
TiO^{2+}	5,4	9,8*	13,8	17,5	—	—	3
UO_2^{2+}	4,4	7,7*	10,3	11,7	—	—	0
VO^{2+}	3,3	5,5*	7,2	7,5	—	—	1
Y^{3+}	4,81	8,54	12,14*	—	—	—	0
Zn^{2+}	1,26	—	—	—	—	—	0
Zr^{4+}	9,80	17,37	23,45	—	—	—	0
Complexes avec le chlorate ClO_3^-							
Ba^{2+}	0,7	—	—	—	—	—	0
Ag^{+}	0,22*	—	—	—	—	—	0
Th^{4+}	0,26	—	—	—	—	—	0,5
Tl^{+}	0,47*	—	—	—	—	—	0
Complexes avec le chlore Cl^-							
Ag^{+}	3,04*	5,04	5,04	5,30	—	—	0
Au^{+}	?	9,42	—	—	—	—	0
Au^{3+}	?	?	?	21,30	—	—	0
Bi^{3+}	2,43	4,7	5,0*	5,6	6,1	6,42	1
Cd^{2+}	2,05	2,60*	2,4	2,9	—	—	0
Ce^{3+}	0,22	—	—	—	—	—	0
Cr^{3+}	0,60	—0,11	—	—	—	—	?
Cu^{+}	?	5,35	5,63	—	—	—	0
Cu^{2+}	0,07	−0,57*	−2,1	—	—	—	0
Fe^{2+}	0,36	0,40*	—	—	—	—	2
Fe^{3+}	1,45	2,10	1,10*	−0,85	—	—	0
Ga^{3+}	−0,6	−2,3	−4,5*	−6,8	—	—	0
Hg^{2+}	6,74	13,22*	14,07	15,07	—	—	0,5

* Molécules neutres en solution.

Tableau 38 (suite)

Ion central	pK_1	$pK_{1,2}$	$pK_{1,2,3}$	$pK_{1,2,3,4}$	$pK_{1,2,3,4,5}$	$pK_{1,2,3,4,5,6}$	Force ionique
In^{3+}	1,0	1,5	1,55*	1,35	—	—	0
Ir^{3+}	?	?	?	?	?	14,00	0
La^{3+}	−0,15	—	—	—	—	—	1
Mn^{3+}	0,95	—	—	—	—	—	2
MoO^{2+}	−0,3	−0,8*	−2,69	—	—	—	0
Pb^{2+}	1,62	2,44*	2,04	1,0	—	—	0
Pd^{2+}	6,1	10,5*	12,9	15,5	13,4	11,3	0
Pt^{2+}	?	?	14,00	16,00	—	—	0
Pu^{3+}	1,17	—	—	—	—	—	0
Pu^{4+}	−0,25	—	—	—	—	—	1
PuO_2^{2+}	0,10	−0,35*	—	—	—	—	2
Sn^{2+}	1,51	2,24*	2,03	1,48	—	—	0
$SnOH^+$	1,04*	—	—	—	—	—	3
Th^{4+}	1,38	0,38	0,23	−0,51*	—	—	0
Tl^+	0,52*	0,09	−0,8	—	—	—	0
Tl^{3+}	8,14	13,60	15,78*	18,00	17,47	—	0
U^{4+}	0,85	—	—	—	—	—	0
UO_2^{2+}	−0,1	−0,92*	−2,62	—	—	—	0
VO^{2+}	0,04	—	—	—	—	—	0
Zn^{2+}	−0,5	−1,0*	0,0	−1,0	—	—	0
Zr^{4+}	0,9	1,3	1,5	1,2*	—	—	6,5
			Complexes avec le cyanate CNO^-				
Ag^+	?	5,00	—	—	—	—	0
			Complexes avec le cyanure CN^-				
Ag^+	?	19,85	20,55	19,42	—	—	0
Au^+	?	38,3	—	—	—	—	0
Au^{3+}	?	?	?	56	—	—	0
Cd^{2+}	5,18	9,60*	13,92	17,11	—	—	?
Co^{2+}	?	—	?	?	?	19,09	5

* Molécules neutres en solution.

Tableau 38 (suite)

Ion central	pK_1	$pK_{1,2}$	$pK_{1,2,3}$	$pK_{1,2,3,4}$	$pK_{1,2,3,4,5}$	$pK_{1,2,3,4,5,6}$	Force ionique
Co^{3+}	?	—	?	?	?	64	?
Cu^{+}	?	24,0	28,6	30,3	—	—	0
Fe^{2+}	?	?	?	?	15,7	24	0
Fe^{3+}	?	?	?	?	?	31	0
Hg^{2+}	18,0	34,70*	38,53	41,51	—	—	0
Ni^{2+}	?	?	?	31,0	30,3	—	0
Tl^{3+}	?	?	?	35	—	—	0
Zn^{2+}	?	?	17	19	—	—	?

B. Complexes avec les ligands organiques

Complexes avec l'acétate CH_3COO^-

Ion central	pK_1	$pK_{1,2}$	$pK_{1,2,3}$	$pK_{1,2,3,4}$	$pK_{1,2,3,4,5}$	$pK_{1,2,3,4,5,6}$	Force ionique
Ag^{+}	0,73*	0,64	—	—	—	—	0
Ba^{2+}	0,41	—	—	—	—	—	0
Ca^{2+}	0,77	—	—	—	—	—	0
Cd^{2+}	1,30	2,28*	2,42	2,00	—	0	3
Ce^{3+}	1,68	2,65	3,23*	—	—	—	1
Cu^{2+}	2,24	3,30*	—	—	—	—	0
Fe^{2+}	3,2	6,1*	8,3	—	—	—	0,1
Fe^{3+}	3,2	—	—	—	—	—	1
In^{3+}	3,50	5,95	7,90*	9,08	—	—	2
Mg^{2+}	0,82	—	—	—	—	—	0
Mn^{2+}	1,2	—	—	—	—	—	0
Ni^{2+}	1,12	1,81*	—	—	—	—	0
Pb^{2+}	2,52	4,0*	6,4	8,5	—	—	0
Sr^{2+}	0,44	—	—	—	—	—	0
Tl^{+}	−0,11*	—	—	—	—	—	0
Tl^{3+}	?	?	?	15,4	—	—	0,2
UO_2^{2+}	2,38	4,36*	6,34	—	—	—	1
Zn^{2+}	1,57	—	—	—	—	—	0

* Molécules neutres en solution.

Tableau 38 (suite)

Ion central	pK_1	$pK_{1,2}$	$pK_{1,2,3}$	$pK_{1,2,3,4}$	$pK_{1,2,3,4,5}$	$pK_{1,2,3,4,5,6}$	Force ionique
			Complexes avec l'oxalate $(COO)_2^{2-}$				
Al^{3+}	7,3	13	16,3	—	—	—	0
Ba^{2+}	2,3*	—	—	—	—	—	0
Be^{2+}	~4*	~6,5	—	—	—	—	?
Ca^{2+}	~3*	—	—	—	—	—	0
Cd^{2+}	4,00*	5,77	—	—	—	—	0
Ce^{3+}	6,52	10,48	11,30	—	—	—	0
Co^{2+}	4,7*	6,7	9,7	—	—	—	0
Cu^{2+}	6,7*	10,3	—	—	—	—	0,3
Fe^{2+}	?	4,52	5,22	—	—	—	0,5
Fe^{3+}	9,4	16,2	20,2	—	—	—	0
Mg^{2+}	2,55*	4,38	—	—	—	—	0
Mn^{2+}	3,82*	5,25	—	—	—	—	0
Mn^{3+}	9,98	16,57	19,42	—	—	—	2
Nd^{3+}	7,21	11,51	>13,5	—	—	—	0
Ni^{2+}	>5,3*	6,51	~14	—	—	—	0
Pb^{2+}	?	6,54	—	—	—	—	0
Sr^{2+}	2,54*	—	—	—	—	—	0
Tl^{+}	2,03	—	—	—	—	—	0
Yb^{3+}	7,30	11,89	>12,9	—	—	—	0
Zn^{2+}	5,00*	7,36	8,15	—	—	—	0
			Complexes avec la 8-oxyquinoléine $(C_9H_6NO)^-$				
Ba^{2+}	2,07	—	—	—	—	—	0
Ca^{2+}	3,27	—	—	—	—	—	0
Cd^{2+}	7,2	13,4*	—	—	—	—	0,01
Co^{2+}	9,1	17,2*	—	—	—	—	0,01
Cu^{2+}	12,2	23,4*	—	—	—	—	0,01
Fe^{2+}	8,0	15,0*	—	—	—	—	0,01
Fe^{3+}	12,3	23,6	33,9*	—	—	—	0,01
Mg^{2+}	4,74	—	—	—	—	—	0

* Molécules neutres en solution.

Tableau 38 (suite)

Ion central	pK_1	$pK_{1,2}$	$pK_{1,2,3}$	$pK_{1,2,3,4}$	$pK_{1,2,3,4,5}$	$pK_{1,2,3,4,5,6}$	Force ionique
Mn^{2+}	6,8	12,6*	—	—	—	—	0,01
Ni^{2+}	9,9	18,7*	—	—	—	—	0,01
Pb^{2+}	9,02	—	—	—	—	—	0
Sr^{2+}	2,56	—	—	—	—	—	0
Th^{4+}	10,45	20,40	29,85	38,80*	—	—	0
UO_2^{2+}	11,25	20,89*	—	—	—	—	0,3
Zn^{2+}	8,50	16,72*	—	—	—	—	0
Complexes avec la pyridine C_5H_5N							
Ag^{+}	1,97	4,35	—	—	—	—	0
Cd^{2+}	1,27	2,14	2,30	2,50	—	—	0,1
Co^{2+}	1,14	1,54	—	—	—	—	0,5
Cu^{+}	?	3,3	—	—	—	—	?
Cu^{2+}	2,52	4,38	5,69	6,54	—	—	0,5
Fe^{2+}	0,71	?	?	6,7	—	—	0,5
Hg^{2+}	5,1	10,0	10,4	—	—	—	0,5
Ni^{2+}	1,78	2,82	3,13	—	—	—	0,5
Zn^{2+}	1,41	1,11	1,61	1,93	—	—	0,1
Complexes avec le salicylate $[C_6H_4(COO)O]^{2-}$							
Al^{3+}	14,11	—	—	—	—	—	0
Ca^{2+}**	0,36*	—	—	—	—	—	0,16
Cu^{2+}	10,6*	18,45	—	—	—	—	0,1
Fe^{2+}	6,55*	11,25	—	—	—	—	0,1
Fe^{3+}	16,48	28,16	36,84	—	—	—	0,25
Ni^{2+}	6,95*	11,75	—	—	—	—	0,1
Th^{4+}	4,25	7,60*	10,05	11,60	—	—	0,1
UO_2^{2+}	4,91*	—	—	—	—	—	?

* Molécules neutres en solution.
** $CaHSal^{+} \rightleftharpoons Ca^{2+} + HSal^{-}$.

Tableau 38 (suite)

Ion central	pK_1	$pK_{1,2}$	$pK_{1,2,3}$	$pK_{1,2,3,4}$	$pK_{1,2,3,4,5}$	$pK_{1,2,3,4,5,6}$	Force ionique
			Complexes avec le sulfosalicylate $C_6H_3O(COO)(SO_3)^{3-}$				
Al^{3+}	13,20*	22,83	28,89	—	—	—	0,1
Be^{2+}	11,71	20,81	—	—	—	—	0,1
Cu^{2+}	9,52	16,45	—	—	—	—	0,1
Fe^{2+}	5,90	9,90	—	—	—	—	0,1
Fe^{3+}	15,02*	25,76	32,60	—	—	—	0,1
Mn^{2+}	5,24	8,24	—	—	—	—	0,1
UO_2^{2+}	11,14	19,20	—	—	—	—	0,1
			Complexes avec le tartrate $[(CHOH)_2(COO)]_2^{2-}$				
Ba^{2+}	2,54*	—	—	—	—	—	0
Ca^{2+}	2,98*	9,01	—	—	—	—	0
Cu^{2+}	3,00*	5,11	5,76	6,20	—	—	1
Fe^{3+}	7,49	—	—	—	—	—	?
Mg^{2+}	1,36*	—	—	—	—	—	0,2
Pb^{2+}	3,78*	—	—	—	—	—	?
Sr^{2+}	1,59*	—	—	—	—	—	0,16
Zn^{2+}	2,68*	—	—	—	—	—	0,2
			Complexes avec la phénanthroline $C_{12}H_8N_2$				
Ag^+	5,02	12,07	—	—	—	—	0,1
Ca^{2+}	0,5	—	—	—	—	—	0,5
Cd^{2+}	6,4	11,6	15,8	—	—	—	0,1
Co^{2+}	7,25	13,95	19,90	—	—	—	0,1
Cu^{2+}	9,25	16,00	21,35	—	—	—	0,1
Fe^{2+}	5,85	?	21,3	—	—	—	0
Fe^{3+}	6,5	11,4	23,5	—	—	—	0,1
Zn^{2+}	6,43*	12,15	17,0	—	—	—	0,1

* Molécules neutres en solution.

Tableau 38 (suite)

Ion central	pK_1	$pK_{1,2}$	$pK_{1,2,3}$	$pK_{1,2,3,4}$	$pK_{1,2,3,4,5}$	$pK_{1,2,3,4,5,6}$	Force ionique
Complexes avec le citrate $[(CH_2)_2C(OH)(COO)_3]^{3-}$							
Ba^{2+}	2,84	—	—	—	—	—	0,08
Be^{2+}	4,52	—	—	—	—	—	0,15
Ca^{2+}	4,85	—	—	—	—	—	0
Cd^{2+}	5,36	—	—	—	—	—	0
Co^{2+}	4,83	—	—	—	—	—	0,06
Cu^{2+}	14,21	—	—	—	—	—	0
Fe^{2+}	3,08	—	—	—	—	—	1
Fe^{3+}	11,7*	—	—	—	—	—	0,1
Mg^{2+}	3,29	—	—	—	—	—	0,09
Mn^{2+}	3,67	—	—	—	—	—	0,15
Ni^{2+}	5,11	—	—	—	—	—	0,15
Pb^{2+}	6,50	—	—	—	—	—	0
Sr^{2+}	2,90	—	—	—	—	—	0,15
UO_2^{2+}	7,40	—	—	—	—	—	0,1
Complexes avec le citrate $[(CH_2)_2C(OH)(COOH)(COO)_2]^{2-}$							
Be^{2+}	2,22*	—	—	—	—	—	0,15
Ca^{2+}	3,29*	—	—	—	—	—	0
Fe^{2+}	2,12*	—	—	—	—	—	0
Fe^{3+}	6,3	—	—	—	—	—	1
Pb^{2+}	5,72*	—	—	—	—	—	0

* Molécules neutres en solution.

Tableau 38 (suite)

Complexes avec l'éthylènediaminetétraacétate

$$\begin{array}{l} H_2C-N(CH_2COOH)(CH_2COO^-) \\ \quad | \\ H_2C-N(CH_2COO^-)(CH_2COO^-) \end{array} \quad (HY^{3-}) \qquad \begin{array}{l} H_2C-N(CH_2COO^-)(CH_2COO^-) \\ \quad | \\ H_2C-N(CH_2COO^-)(CH_2COO^-) \end{array} \quad (Y^{4-})$$

(Acide éthylènediaminetétraacétique — H_4Y)
(Force ionique est égale à 0,1)

Ion central	pK_1HY^{3-}	pK_1Y^{4-}	Ion central	pK_1HY^{3-}	pK_1Y^{4-}
Ag^+	3,07	7,32	Mg^{2+}	2,28	8,69
Al^{3+}	8,4*	16,13	Mn^{2+}	6,9	14,04
Ba^{2+}	2,07	7,78	Na^+	—	1,66
Ca^{2+}	3,51	10,57	Ni^{2+}	11,56	18,62
Cd^{2+}	9,10	16,59	Pb^{2+}	10,61	18,04
Ce^{3+}	?	16,01	Pd^{3+}	?	18,5
Co^{2+}	9,15	16,21	Sc^{3+}	?	23,1
Co^{3+}	?	36	Sr^{2+}	2,30	8,63
Cr^{3+}	?	24,0	Th^{4+}	?	23,2*
Cu^{2+}	11,54	18,80	Ti^{3+}	?	21,3
Fe^{2+}	6,86	14,33	TiO^{2+}	?	17,3
Fe^{3+}	16,2*	25,10	Tl^{3+}	?	5,8
Ga^{3+}	11,39*	20,27	V^{2+}	?	12,70
Hg^{2+}	14,6	21,80	V^{3+}	?	25,9
In^{3+}	?	24,95	VO^{2+}	?	18,77
La^{3+}	?	15,19	Zn^{2+}	?	16,50

* Molécules neutres en solution.

Tableau 39

Mobilité de certains ions à 25 °C et en dilution infinie

La conductibilité électrique équivalente ($ohm^{-1} \cdot cm^2$) d'un électrolyte λ_{BA} est numériquement égale à la somme des mobilités de deux ions $\lambda_{BA} = \lambda_{B^+} + \lambda_{A^-}$

Cations	λ_{B^+}	Anions	λ_{A^-}
H^+	362	OH^-	205
K^+	76	1/4 $Fe(CN)_6^{4-}$	114
NH_4^+	76	1/3 $Fe(CN)_6^{3-}$	104
Tl^+	75	1/2 SO_4^{2-}	83
$1/2Pb^{2+}$	73	1/2 CrO_4^{2-}	82
$1/3Fe^{3+}$	68	Br^-	81
$1/2Ba^{2+}$	66	1/3 PO_4^{3-}	80
Ag^+	64	I^-	80
$1/2Ca^{2+}$	62	Cl^-	79
$1/2Sr^{2+}$	62	NO_3^-	74
$1/2Cu^{2+}$	57	1/2 $C_2O_4^{2-}$	74
$1/2Zn^{2+}$	56	ClO_4^-	71
$1/2Mg^{2+}$	55	1/2 CO_3^{2-}	70
$1/2Fe^{2+}$	54	HCO_3^-	46
$1/2Ni^{2+}$	52	$CH_3CO_2^-$	42
Na^+	52	IO_3^-	41
Li^+	39		

Tableau 40

Potentiels normaux d'oxydation (E^0) par rapport au potentiel d'électrode * normale à hydrogène à 25 °C

($\downarrow$ — solution saturée en présence d'un solide ou d'un liquide ; $\uparrow$ — solution saturée de gaz sous pression de 1 atm)

Symbole de l'élément	Degré d'oxydation supérieur	$+ne$	Degré d'oxydation inférieur	E^0, V
Ag	Ag^{2+}	$+e$	Ag^+	+2,00
	Ag^+	$+e$	$Ag\downarrow$	+0,7994
	$AgBr\downarrow$	$+e$	$Ag\downarrow + Br^-$	+0,071
	$AgBrO_3\downarrow$	$+e$	$Ag\downarrow + BrO_3^-$	+0,55
	$AgC_2H_3O_2\downarrow$	$+e$	$Ag\downarrow + C_2H_3O_2^-$	+0,64
	$AgCN\downarrow$	$+e$	$Ag\downarrow + CN^-$	−0,04
	$Ag(CN)_2^-$	$+e$	$Ag\downarrow + 2CN^-$	−0,29
	$Ag(CN)_3^{2-}$	$+e$	$Ag\downarrow + 3CN^-$	−0,51
	$AgCNO\downarrow$	$+e$	$Ag\downarrow + CNO^-$	+0,41
	$Ag_2CO_3\downarrow$	$+2e$	$2Ag\downarrow + CO_3^{2-}$	+0,46
	$Ag_2C_2O_4\downarrow$	$+2e$	$2Ag\downarrow + C_2O_4^{2-}$	+0,472
	$AgCl\downarrow$	$+e$	$Ag\downarrow + Cl^-$	+0,224
	$Ag_2CrO_4\downarrow$	$+2e$	$2Ag\downarrow + CrO_4^{2-}$	+0,447
	$Ag_4Fe(CN)_6\downarrow$	$+4e$	$4Ag\downarrow + Fe(CN)_6^{4-}$	+0,194
	$AgI\downarrow$	$+e$	$Ag\downarrow + I^-$	−0,152
	$AgIO_3$	$+e$	$Ag\downarrow + IO_3^-$	+0,35
	$Ag_2MoO_4\downarrow$	$+2e$	$2Ag\downarrow + MoO_4^{2-}$	+0,49
	$Ag(NH_3)_2^+$	$+e$	$Ag\downarrow + 2NH_3$	+0,373
	$AgNO_2\downarrow$	$+e$	$Ag\downarrow + NO_2^-$	+0,59
	$AgN_3\downarrow$	$+e$	$Ag\downarrow + N_3^-$	+0,293
	$2AgO\downarrow + H_2O$	$+2e$	$Ag_2O\downarrow + 2OH^-$	+0,60
	$AgO^+ + 2H^+$	$+e$	$Ag^{2+} + H_2O$	~+2,1
	$Ag_2O\downarrow + H_2O$	$+2e$	$2Ag\downarrow + 2OH^-$	+0,344
	$Ag_2O_3\downarrow + H_2O$	$+2e$	$2AgO\downarrow + 2OH^-$	+0,74
	$Ag_2S\downarrow$	$+2e$	$2Ag\downarrow + S^{2-}$	−0,71
	$AgSCN\downarrow$	$+e$	$Ag\downarrow + SCN^-$	+0,09

* Sur le mode d'utilisation du *Tableau 40* voir pp. 569-572.

Tableau 40 (suite)

Symbole de l'élément	Degré d'oxydation supérieur	$+ne$	Degré d'oxydation inférieur	E°, V
Ag	$Ag(SO_3)_2^{3-}$	$+e$	$Ag\downarrow + 2SO_3^{2-}$	+0,43
	$Ag(S_2O_3)_2^{3-}$	$+e$	$Ag\downarrow + 2S_2O_3^{2-}$	+0,01
	$Ag_2SO_4\downarrow$	$+2e$	$2Ag\downarrow + SO_4^{2-}$	+0,653
	Ag_2WO_4	$+2e$	$2Ag\downarrow + WO_4^{2-}$	+0,53
Al	Al^{3+}	$+3e$	$Al\downarrow$	−1,66
	$AlO_2^- + 2H_2O$	$+3e$	$Al\downarrow + 4OH^-$	−2,35
	$Al(OH)_3\downarrow$	$+3e$	$Al\downarrow + 3OH^-$	−2,31
	AlF_6^{3-}	$+3e$	$Al\downarrow + 6F^-$	−2,07
As	$As\downarrow + 3H^+$	$+3e$	$AsH_3\uparrow$	−0,60
	$As\downarrow + 3H_2O$	$+3e$	$AsH_3\uparrow + 3OH^-$	−1,37
	$HAsO_2 + 3H^+$	$+3e$	$As\downarrow + 2H_2O$	+0,247
	$H_3AsO_4 + 2H^+$	$+2e$	$HAsO_2 + 2H_2O$	+0,56
	$AsO_2^- + 2H_2O$	$+3e$	$As\downarrow + 4OH^-$	−0,68
	$AsO_4^{3-} + 2H_2O$	$+2e$	$AsO_2^- + 4OH^-$	−0,71
Au	Au^{3+}	$+2e$	Au^+	+1,41
	Au^{3+}	$+3e$	$Au\downarrow$	+1,50
	Au^+	$+e$	$Au\downarrow$	+1,68
	$AuBr_2^-$	$+e$	$Au + 2Br^-$	+0,96
	$AuBr_4^-$	$+2e$	$AuBr_2^- + 2Br^-$	+0,82
	$AuBr_4^-$	$+3e$	$Au\downarrow + 4Br^-$	+0,87
	$Au(CN)_2^-$	$+e$	$Au\downarrow + 2CN^-$	−0,61
	$AuCl_2^-$	$+e$	$Au\downarrow + 2Cl^-$	+1,11
	$AuCl_4^-$	$+2e$	$AuCl_2^- + 2Cl^-$	+0,93
	$AuCl_4^-$	$+3e$	$Au\downarrow + 4Cl^-$	+0,99
	$H_2AuO_3^- + H_2O$	$+3e$	$Au\downarrow + 4OH^-$	+0,7
	$Au(SCN)_2^-$	$+e$	$Au\downarrow + 2SCN^-$	+0,69
	$Au(SCN)_4^-$	$+2e$	$Au(SCN)_2^- + 2SCN^-$	+0,64
	$Au(SCN)_4^-$	$+3e$	$Au\downarrow + 4SCN^-$	+0,66

Tableau 40 (suite)

Symbole de l'élément	Degré d'oxydation supérieur	$+ne$	Degré d'oxydation inférieur	E°, V
B	$H_3BO_3 + 3H^+$	$+3e$	$B\downarrow + 3H_2O$	−0,87
	$H_2BO_3^- + H_2O$	$+3e$	$B\downarrow + 4OH^-$	−1,79
	BF_4^-	$+3e$	$B\downarrow + 4F^-$	−1,04
Ba	Ba^{2+}	$+2e$	$Ba\downarrow$	−2,90
Be	Be^{2+}	$+2e$	$Be\downarrow$	−1,85
	$Be_2O_3^{2-} + 3H_2O$	$+4e$	$2Be\downarrow + 6OH^-$	−2,62
Bi	$BiO^+ + 2H^+$	$+3e$	$Bi\downarrow + H_2O$	+0,32
	$Bi\downarrow + 3H^+$	$+3e$	$Bi\downarrow H_3\uparrow$	< −0,8
	$NaBiO_3\downarrow + 4H^+$	$+2e$	$BiO^+ + Na^+ + 2H_2O$	> +1,8
	$BiCl_4^-$	$+3e$	$Bi\downarrow + 4Cl^-$	+0,16
	$Bi_2O_4\downarrow + 4H^+$	$+2e$	$2BiO^+ + 2H_2O$	+1,59
	$Bi_2O_4\downarrow + H_2O$	$+2e$	$Bi_2O_3\downarrow + 2OH^-$	+0,56
	$Bi_2O_3\downarrow + 3H_2O$	$+6e$	$2Bi\downarrow + 6OH^-$	−0,46
	$BiOCl\downarrow + 2H^+$	$+3e$	$Bi\downarrow + H_2O + Cl^-$	+0,16
Br	Br_2	$+2e$	$2Br^-$	+1,087
	Br_3^-	$+2e$	$3Br^-$	+1,05
	$2HBrO + 2H^+$	$+2e$	$Br_2 + 2H_2O$	+1,6
	$2BrO^- + 2H_2O$	$+2e$	$Br_2 + 4OH^-$	+0,45
	$HBrO + H^+$	$+2e$	$Br^- + H_2O$	+1,34
	$BrO^- + H_2O$	$+2e$	$Br^- + 2OH^-$	+0,76
	$BrO_3^- + 5H^+$	$+4e$	$HBrO + 2H_2O$	+1,45
	$BrO_3^- + 2H_2O$	$+4e$	$BrO^- + 4OH^-$	+0,54
	$2BrO_3^- + 12H^+$	$+10e$	$Br_2 + 6H_2O$	+1,52
	$2BrO_3^- + 6H_2O$	$+10e$	$Br_2 + 12OH^-$	+0,50
	$BrO_3^- + 6H^+$	$+6e$	$Br^- + 3H_2O$	+1,45
	$BrO_3^- + 3H_2O$	$+6e$	$Br^- + 6OH^-$	+0,61

Tableau 40 (suite)

Symbole de l'élément	Degré d'oxydation supérieur	$+ne$	Degré d'oxydation inférieur	E^0, V
C	$CH_3OH + 2H^+$	$+2e$	$CH_4\uparrow + H_2O$	+0,59
	$C_2H_5OH + 2H^+$	$+2e$	$C_2H_6\uparrow + H_2O$	+0,46
	$C_6H_4O_2 + 2H^+$ (quinone)	$+2e$	$C_6H_4(OH)_2$ (hydroquinone)	+0,6994
	$(CN)_2\uparrow + 2H^+$	$+2e$	$2HCN$	+0,37
	$2HCNO + 2H^+$	$+2e$	$2H_2O + (CN)_2\uparrow$	+0,33
	$HCNO + 2H^+$	$+2e$	$HCN + H_2O$	+0,35
	$CNO^- + H_2O$	$+2e$	$CN^- + 2OH^-$	−0,97
	$HCHO + 2H^+$	$+2e$	CH_3OH	+0,19
	$CH_3CHO + 2H^+$	$+2e$	C_2H_5OH	+0,19
	$HCOOH + 2H^+$	$+2e$	$HCHO$	−0,01
	$CH_3COOH + 2H^+$	$+2e$	CH_3CHO	−0,12
	$HCOO^- + 2H_2O$	$+2e$	$HCHO + 3OH^-$	−1,07
	$CO_2\uparrow + 2H^+$	$+2e$	$CO\uparrow + H_2O$	−0,12
	$CO_2\uparrow + N_2 + 6H^+$	$+6e$	$CO(NH_2)_2 + H_2O$ (urée)	+0,1
	$CO_2\uparrow + 2H^+$	$+2e$	$HCOOH$	−0,20
	$2CO_2\uparrow + 2H^+$	$+2e$	$H_2C_2O_4$	−0,49
Ca	Ca^{2+}	$+2e$	$Ca\downarrow$	−2,87
	$Ca(OH)_2\downarrow$	$+2e$	$Ca\downarrow + 2OH^-$	−3,03
Cd	Cd^{2+}	$+2e$	$Cd\downarrow$	−0,402
	$CdCO_3\downarrow$	$+2e$	$Cd\downarrow + CO_3^{2-}$	−0,74
	$Cd(CN)_4^{2-}$	$+2e$	$Cd\downarrow + 4CN^-$	−1,09
	$Cd(NH_3)_4^{2+}$	$+2e$	$Cd\downarrow + 4NH_3$	−0,61
	$Cd(OH)_2\downarrow$	$+2e$	$Cd\downarrow + 2OH^-$	−0,81
	$CdS\downarrow$	$+2e$	$Cd\downarrow + S^{2-}$	−1,17
Ce	Ce^{3+}	$+3e$	$Ce\downarrow$	−2,33
	$Ce(ClO_4)_6^{2-}$	$+e$	$Ce^{3+} + 6ClO_4^-$	+1,70
	$Ce(NO_3)_6^{2-}$	$+e$	$Ce^{3+} + 6NO_3^-$	+1,60
	$Ce(SO_4)_3^{2-}$	$+e$	$Ce^{3+} + 3SO_4^{2-}$	+1,44

Tableau 40 (suite)

Symbole de l'élément	Degré d'oxydation supérieur	$+ne$	Degré d'oxydation inférieur	$E°$, V
Cl	$Cl_2\uparrow$	$+2e$	$2Cl^-$	+1,359
	$2HOCl + 2H^+$	$+2e$	$Cl_2\uparrow + H_2O$	+1,63
	$2ClO^- + 2H_2O$	$+2e$	$Cl_2\uparrow + 4OH^-$	+0,40
	$HClO + H^+$	$+2e$	$Cl^- + H_2O$	+1,50
	$ClO^- + H_2O$	$+2e$	$Cl^- + 2OH^-$	+0,88
	$HClO_2 + 2H^+$	$+2e$	$HClO + H_2O$	+1,64
	$2HClO_2 + 6H^+$	$+6e$	$Cl_2\uparrow + 4H_2O$	+1,63
	$HClO_2 + 3H^+$	$+4e$	$Cl^- + 2H_2O$	+1,56
	$ClO_2^- + H_2O$	$+2e$	$ClO^- + 2OH^-$	+0,66
	$ClO_2^- + 2H_2O$	$+4e$	$Cl^- + 4OH^-$	+0,77
	$ClO_3^- + 3H^+$	$+2e$	$HClO_2 + H_2O$	+1,21
	$ClO_3^-\uparrow + H_2O$	$+2e$	$ClO_2^- + 2OH^-$	+0,33
	$ClO_3^- + 2H^+$	$+e$	$ClO_2\uparrow + H_2O$	+1,15
	$ClO_2\uparrow + H^+$	$+e$	$HClO_2$	+1,27
	$ClO_3^- + 6H^+$	$+6e$	$Cl^- + 3H_2O$	+1,45
	$2ClO_3^- + 12H^+$	$+10e$	$Cl_2\uparrow + 6H_2O$	+1,47
	$ClO_3^- + 3H_2O$	$+6e$	$Cl^- + 6OH^-$	+0,63
	$ClO_2\uparrow + 4H^+$	$+5e$	$Cl^- + 2H_2O$	+1,50
	$ClO_2\uparrow + 2H_2O$	$+5e$	$Cl^- + 4OH^-$	+0,85
	$ClO_4^- + 2H^+$	$+2e$	$ClO_3^- + H_2O$	+1,19
	$ClO_4^- + H_2O$	$+2e$	$ClO_3^- + 2OH^-$	+0,36
	$2ClO_4^- + 16H^+$	$+14e$	$Cl_2\uparrow + 8H_2O$	+1,39
	$Cl_4^- + 8H^+$	$+8e$	$Cl^- + 4H_2O$	+1,38
	$ClO_4^- + 4H_2O$	$+8e$	$Cl^- + 8OH^-$	+0,56
Co	Co^{3+}	$+e$	Co^{2+}	+1,84
	Co^{3+}	$+3e$	$Co\downarrow$	+0,33
	Co^{2+}	$+2e$	$Co\downarrow$	−0,28
	$CoCO_3\downarrow$	$+2e$	$Co\downarrow + CO_3^{2-}$	−0,64
	$Co(NH_3)_6^{3+}$	$+e$	$Co(NH_3)_6^{2+}$	+0,1
	$Co(NH_3)_6^{2+}$	$+2e$	$Co\downarrow + 6NH_3$	−0,42
	$Co(OH)_2\downarrow$	$+2e$	$Co\downarrow + 2OH^-$	−0,73
	$Co(OH)_3\downarrow$	$+e$	$Co(OH)_2 + OH^-$	+0,17
	$CoS\ \alpha\downarrow$	$+2e$	$Co\downarrow + S^2$	−0,88
	$CoS\ \beta\downarrow$	$+2e$	$Co\downarrow + S^{2-}$	−1,01

Tableau 40 (suite)

Symbole de l'élément	Degré d'oxydation supérieur	+*ne*	Degré d'oxydation inférieur	E^0, V
Cr	Cr^{3+}	$+e$	Cr^{2+}	−0,41
	Cr^{3+}	$+3e$	Cr ↓	−0,74
	Cr^{2+}	$+2e$	Cr ↓	−0,91
	$Cr(OH)_3$ ↓	$+3e$	Cr ↓ $+ 3OH^-$	−1,3
	$Cr(OH)_2$ ↓	$+2e$	Cr ↓ $+ 2OH^-$	−1,4
	$CrO_2^- + 2H_2O$	$+3e$	Cr ↓ $+ 4OH^-$	−1,2
	$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+$	$+6e$	$2Cr^{3+} + 7H_2O$	+1,33
	$CrO_4^{2-} + 4H_2O$	$+3e$	$Cr(OH)_3 + 5OH^-$	−0,13
Cs	Cs^+	$+e$	Cs ↓	−2,914
Cu	Cu^{2+}	$+2e$	Cu ↓	+0,337
	Cu^+	$+e$	Cu ↓	+0,521
	Cu^{2+}	$+e$	Cu^+	+0,153
	$Cu^{2+} + Br^-$	$+e$	CuBr ↓	+0,64
	$Cu^{2+} + Cl^-$	$+e$	CuCl ↓	+0,54
	$Cu^{2+} + I^-$	$+e$	CuI ↓	+0,86
	CuBr ↓	$+e$	Cu ↓ $+ Br^-$	+0,033
	$Cu(CN)_2^-$	$+e$	Cu ↓ $+ 2CN^-$	−0,43
	CuCl ↓	$+e$	Cu ↓ $+ Cl^-$	+0,137
	CuI ↓	$+e$	Cu ↓ $+ I^-$	−0,185
	$Cu(NH_3)_4^{2+}$	$+e$	$Cu(NH_3)_2^+ + 2NH_3$	−0,01
	$Cu(NH_3)_2^+$	$+e$	Cu ↓ $+ 2NH_3$	−0,12
	$Cu(NH_3)_4^{2+}$	$+2e$	Cu ↓ $+ 4NH_3$	−0,07
	$2Cu(OH)_2$ ↓	$+2e$	Cu_2O ↓ $+ 2OH^- + H_2O$	−0,08
	Cu_2O ↓ $+ H_2O$	$+2e$	2Cu ↓ $+ 2OH^-$	−0,36
	$Cu(OH)_2$ ↓	$+2e$	Cu ↓ $+ 2OH^-$	−0,22
	CuS ↓	$+2e$	Cu ↓ $+ S^{2-}$	−0,70
	Cu_2S ↓	$+2e$	2Cu ↓ $+ S^{2-}$	−0,88
	CuSCN ↓	$+e$	Cu ↓ $+ SCN^-$	−0,27
F	F_2 ↑	$+2e$	$2F^-$	+2,87

Tableau 40 (suite)

Symbole de l'élément	Degré d'oxydation supérieur	$+ne$	Degré d'oxydation inférieur	$E°$, V
Fe	Fe^{3+}	$+e$	Fe^{2+}	+0,771
	Fe^{3+}	$+3e$	Fe ↓	−0,036
	Fe^{2+}	$+2e$	Fe ↓	−0,440
	$Fe(CN)_6^{3-}$	$+e$	$Fe(CN)_6^{4-}$	+0,356
	$FeCO_3$ ↓	$+2e$	Fe ↓ + CO_3^{2-}	−0,756
	$Fe(C_{12}H_8N_2)_3^{3+}$ (1,10-phénanthroline)	$+e$	$Fe(C_{12}H_8N_2)_3^{2+}$	+1,06
	$Fe(OH)_3$ ↓	$+e$	$Fe(OH)_2$ ↓ + OH^-	−0,56
	$Fe(OH)_2$ ↓	$+2e$	Fe ↓ + $2OH^-$	−0,877
	$FeO_4^{2-} + 8H^+$	$+3e$	$Fe^{3+} + 4H_2O$	> +1,9
	$Fe_3O_4 + 8H^+$	$+8e$	3Fe ↓ + $4H_2O$	−0,085
	FeS ↓	$+2e$	Fe ↓ + S^{2-}	−0,95
Ga	Ga^{3+}	$+3e$	Ga ↓	−0,56
	$H_2GaO_3^- + H_2O$	$+3e$	Ga ↓ + $4OH^-$	−1,22
Ge	Ge ↓ + $4H^+$	$+4e$	GeH_4 ↑	< −0,3
	Ge^{2+}	$+2e$	Ge ↓	0,0
	GeO ↓ + $2H^+$	$+2e$	Ge ↓ + H_2O	−0,29
	GeO_2 ↓ + $4H^+$	$+4e$	Ge ↓ + $2H_2O$	−0,15
	$H_2GeO_3 + 4H^+$	$+4e$	Ge ↓ + $3H_2O$	−0,13
	GeO_2 ↓ + $2H^+$	$+2e$	GeO ↓ (brun) + + H_2O	−0,12
	$HGeO_3^- + 2H_2O$	$+4e$	Ge ↓ + $5OH^-$	−1,0
H	$2H^+$	$+2e$	H_2 ↑	±0,0000
	$2H^+(10^{-7}M)$	$+2e$	H_2 ↑	−0,414
	H_2 ↑	$+2e$	$2H^-$	−2,25
	$2H_2O$	$+2e$	H_2 ↑ + $2OH^-$	−0,828
	$H_2O_2 + 2H^+$	$+2e$	$2H_2O$	+1,77
	$HO_2^- + H_2O$	$+2e$	$3OH^-$	+0,88

Tableau 40 (suite)

Symbole de l'élément	Degré d'oxydation supérieur	$+ne$	Degré d'oxydation inférieur	E^0, V
Hf	$HfO^{2+} + 2H^+$	$+4e$	$Hf\downarrow + H_2O$	$-1,70$
	$HfO_2\downarrow + 4m^+$	$+4e$	$Hf\downarrow + 2H_2O$	$-1,57$
	$HfO(OH)_2\downarrow + H_2O$	$+4e$	$Hf\downarrow + 4OH^-$	$-2,50$
Hg	$2Hg^{2+}$	$+2e$	Hg_2^{2+}	$+0,907$
	Hg^{2+}	$+2e$	$Hg\downarrow$	$+0,850$
	Hg_2^{2+}	$+2e$	$Hg\downarrow$	$+0,792$
	$Hg_2Br_2\downarrow$	$+2e$	$2Hg\downarrow + 2Br^-$	$+0,1392$
	$Hg(CN)_4^{2-}$	$+2e$	$Hg\downarrow + 4CN^-$	$-0,37$
	$Hg_2(CH_3COO)_2\downarrow$	$+2e$	$2Hg\downarrow + 2CH_3COO^-$	$+0,510$
	$Hg_2C_2O_4\downarrow$	$+2e$	$2Hg\downarrow + C_2O_4^{2-}$	$+0,415$
	$Hg_2Cl_2\downarrow$	$+2e$	$2Hg\downarrow + 2Cl^-$	$+0,2680$
	$Hg_2I_2\downarrow$	$+2e$	$2Hg\downarrow + 2I^-$	$-0,040$
	$Hg_2(IO_3)_2\downarrow$	$+2e$	$2Hg\downarrow + 2IO_3^-$	$+0,394$
	$HgO\downarrow$ (rouge) $+ H_2O$	$+2e$	$Hg\downarrow + 2OH^-$	$+0,098$
	$HgS\downarrow$ (noir)	$+2e$	$Hg\downarrow + S^{2-}$	$-0,67$
	$HgS\downarrow$ (rouge)	$+2e$	$Hg\downarrow + S^{2-}$	$-0,70$
	$Hg_2SO_4\downarrow$	$+2e$	$Hg\downarrow + SO_4^{2-}$	$+0,614$
I	$I_2\downarrow$	$+2e$	$2I^-$	$+0,536$
	I_2	$+2e$	$2I^-$	$+0,621$
	I_3^-	$+2e$	$3I^-$	$+0,545$
	$2IBr$	$+2e$	$I_2\downarrow + 2Br^-$	$+1,02$
	$2IBr_2^-$	$+2e$	$I_2\downarrow + 4Br^-$	$+0,87$
	ICN	$+2e$	$I^- + CN^-$	$+0,30$
	$2ICN + 2H^+$	$+2e$	$I_2\downarrow + 2HCN$	$+0,63$
	$2ICl$	$+2e$	$I_2 + 2Cl^-$	$+1,19$
	$2ICl_2^-$	$+2e$	$I_2\downarrow + 4Cl$	$+1,06$
	$2ICl_3$	$+6e$	$I_2\downarrow + 6Cl^-$	$+1,28$
	$2HIO + 2H^+$	$+2e$	$I_2\downarrow + 2H_2O$	$+1,45$
	$2IO^- + H_2O$	$+2e$	$I_2\downarrow + 4OH^-$	$+0,45$
	$HIO + H^+$	$+2e$	$I^- + H_2O$	$+0,99$

Tableau 40 (suite)

Symbole de l'élément	Degré d'oxydation supérieur	$+ne$	Degré d'oxydation inférieur	E^0, V
I	$IO^- + H_2O$	$+2e$	$I^- + 2OH^-$	+0,49
	$IO_3^- + 5H^+$	$+4e$	$HIO + 2H_2O$	+1,14
	$IO_3^- + 2H_2O$	$+4e$	$IO^- + 4OH^-$	+0,14
	$2IO_3^- + 12H^+$	$+10e$	$I_2\downarrow + 6H_2O$	+1,19
	$2IO_3^- + 6H_2O$	$+10e$	$I_2\downarrow + 12OH^-$	+0,21
	$IO_3^- + 6H^+$	$+6e$	$I^- + 3H_2O$	+1,08
	$IO_3^- + 3H_2O$	$+6e$	$I^- + 6OH^-$	+0,26
	$H_5IO_6 + H^+$	$+2e$	$IO_3^- + 3H_2O$	~ +1,6
	$H_3IO_6^{2-}$	$+2e$	$IO_3^- + 3OH^-$	~ +0,7
	$H_5IO_6 + 7H^+$	$+8e$	$I^- + 6H_2O$	~ +1,24
	$H_3IO_6^{2-} + 3H_2O$	$+8e$	$I^- + 9OH^-$	~ +0,37
In	In^{3+}	$+3e$	$In\downarrow$	−0,33
	In^{3+}	$+2e$	In^+	−0,40
	$In(OH)_3\downarrow$	$+3e$	$In\downarrow + 3OH^-$	−1,0
Ir	Ir^{3+}	$+3e$	$Ir\downarrow$	~ +1,15
	$IrCl_6^{3-}$	$+3e$	$Ir\downarrow + 6Cl^-$	+0,77
	$IrCl_6^{2-}$	$+e$	$IrCl_6^{3-}$	+1,02
	$IrCl_6^{2-}$	$+4e$	$Ir\downarrow + 6Cl^-$	+0,83
	$IrO_2\downarrow + 4H^+$	$+4e$	$Ir\downarrow + 2H_2O$	+0,93
	$IrO_2\downarrow + 2H_2O$	$+4e$	$Ir\downarrow + 4OH^-$	+0,1
	$Ir_2O_3\downarrow + 3H_2O$	$+6e$	$2Ir\downarrow + 6OH^-$	+0,1
K	K^+	$+e$	$K\downarrow$	−2,925
La	La^{3+}	$+3e$	$La\downarrow$	−2,52
	$La(OH)_3\downarrow$	$+3e$	$La\downarrow + 3OH^-$	−2,90
Li	Li^+	$+e$	$Li\downarrow$	−3,03

Tableau 40 (suite)

Symbole de l'élément	Degré d'oxydation supérieur	$+ne$	Degré d'oxydation inférieur	$E°$, V
Mg	Mg^{2+}	$+2e$	$Mg\downarrow$	$-2,37$
	$Mg(OH)_2$	$+2e$	$Mg\downarrow + 2OH^-$	$-2,69$
Mn	Mn^{3+}	$+e$	Mn^{2+}	$+1,51$
	Mn^{2+}	$+2e$	$Mn\downarrow$	$-1,19$
	$Mn(CN)_6^{3-}$	$+e$	$Mn(CN)_6^{4-}$	$-0,244$
	$MnCO_3\downarrow$	$+2e$	$Mn\downarrow + CO_3^{2-}$	$-1,48$
	$Mn(OH)_2\downarrow$	$+2e$	$Mn\downarrow + 2OH^-$	$-1,18$
	$Mn(OH)_3\downarrow$	$+e$	$Mn(OH)_2 + OH^-$	$+0,1$
	$MnO_2\downarrow + 4H^+$	$+2e$	$Mn^{2+} + 2H_2O$	$+1,23$
	$MnO_4^{2-} + 4H^+$	$+2e$	$MnO_2\downarrow + 2H_2O$	$+2,26$
	$MnO_4^{2-} + 2H_2O$	$+2e$	$MnO_2 + 4OH^-$	$+0,6$
	MnO_4^-	$+e$	MnO_4^{2-}	$+0,56$
	$MnO_4^- + 4H^+$	$+3e$	$MnO_2 + 2H_2O$	$+1,69$
	$MnO_4^- + 2H_2O$	$+3e$	$MnO_2\downarrow + 4OH^-$	$+0,60$
	$MnO_4^- + 8H^+$	$+5e$	$Mn^{2+} + 4H_2O$	$+1,51$
Mo	Mo^{3+}	$+3e$	$Mo\downarrow$	$-0,2$
	$Mo(CN)_8^{3-}$	$+e$	$Mo(CN)_8^{4-}$	$+0,73$
	$MoO_2^+ + 4H^+$	$+2e$	$Mo^{3+} + 2H_2O$	$\sim 0,0$
	MoO_2^{2+}	$+e$	MoO_2^+	$+0,48$
	$H_2MoO_4 + 6H^+$	$+6e$	$Mo\downarrow + 4H_2O$	$0,0$
	$MoO_4^{2-} + 4H_2O$	$+6e$	$Mo\downarrow + 8OH^-$	$-1,05$
N	$HN_3 + 11H^+$	$+8e$	$3NH_4^+$	$+0,69$
	$N_3^- + 7H_2O$	$+6e$	$N_2H_4 + NH_3 + + 7OH^-$	$-0,62$
	$3N_2\uparrow + 2H^+$	$+2e$	$2HN_3$	$-3,1$
	$3N_2\uparrow$	$+2e$	$2N_3^-$	$-3,4$
	$N_2\uparrow + 2H_2O + 4H^+$	$+2e$	$(2NH_2OH)H^+$	$-1,87$
	$N_2\uparrow + 4H_2O$	$+2e$	$2NH_2OH + 2OH^-$	$-3,04$
	$N_2\uparrow + 5H^+$	$+4e$	$(N_2H_4)H^+$	$-0,23$
	$N_2\uparrow + 4H_2O$	$+4e$	$N_2H_4 + 4OH^-$	$-1,16$

Tableau 40 (suite)

Symbole de l'élément	Degré d'oxydation supérieur	$+ne$	Degré d'oxydation inférieur	$E°$, V
N	$N_2\uparrow + 8H^+$	$+6e$	$2NH_4^+$	+0,26
	$N_2 + 8H_2O$	$+6e$	$2NH_4OH + 6OH^-$	−0,74
	$(N_2H_4)H^+ + 3H^+$	$+2e$	$2NH_4^+$	+1,27
	$N_2H_4 + 4H_2O$	$+2e$	$2NH_4OH + 2OH^-$	+0,1
	$(NH_2OH)H^+ + 2H^+$	$+2e$	$NH_4^+ + H_2O$	+1,35
	$NH_2OH + 2H_2O$	$+2e$	$NH_4OH + 2OH^-$	+0,42
	$H_2N_2O_2 + 2H^+$	$+2e$	$N_2\uparrow + 2H_2O$	+2,65
	$H_2N_2O_2 + 6H^+$	$+4e$	$(2NH_2OH)H^+$	+0,50
	$2HNO_2 + 4H^+$	$+4e$	$H_2N_2O_2 + 2H_2O$	+0,83
	$HNO_2 + H^+$	$+e$	$NO\uparrow + H_2O$	+0,99
	$NO_2^- + H_2O$	$+e$	$NO\uparrow + 2OH^-$	−0,46
	$2HNO_2 + 4H^+$	$+4e$	$N_2O\uparrow + 3H_2O$	+1,29
	$2HNO_2 + 6H^+$	$+6e$	$N_2\uparrow + 4H_2O$	+1,44
	$2NO_2^- + 4H_2O$	$+6e$	$N_2\uparrow + 8OH^-$	+0,41
	$HNO_2 + 7H^+$	$+6e$	$NH_4^+ + 2H_2O$	+0,86
	$NO_2^- + 6H_2O$	$+6e$	$NH_4OH + 7OH^-$	−0,15
	$N_2O\uparrow + 2H^+$	$+2e$	$N_2\uparrow + H_2O$	+1,77
	$N_2O\uparrow + H_2O$	$+2e$	$N_2\uparrow + 2OH^-$	+0,94
	$2NO\uparrow + 4H^+$	$+4e$	$N_2\uparrow + 2H_2O$	+1,68
	$2NO\uparrow + 2H_2O$	$+4e$	$N_2\uparrow + 4OH^-$	+0,85
	$N_2O_4\uparrow + 2H^+$	$+2e$	$2HNO_2$	+1,07
	$N_2O_4\uparrow$	$+2e$	$2NO_2^-$	+0,88
	$N_2O_4\uparrow + 8H^+$	$+8e$	$N_2\uparrow + 4H_2O$	+1,35
	$N_2O_4\uparrow + 4H_2O$	$+8e$	$N_2\uparrow + 8OH^-$	+0,53
	$NO_3^- + 3H^+$	$+2e$	$HNO_2 + H_2O$	+0,94
	$NO_3^- + H_2O$	$+2e$	$NO_2^- + 2OH^-$	+0,01
	$NO_3^- + 2H^+$	$+e$	$NO_2\uparrow + H_2O$	+0,80
	$NO_3^- + H_2O$	$+e$	$NO_2\uparrow + 2OH^-$	−0,86
	$NO_3^- + 4H^+$	$+3e$	$NO\uparrow + 2H_2O$	+0,96
	$NO_3^- + 2H_2O$	$+3e$	$NO\uparrow + 4OH^-$	−0,14
	$2NO_3^- + 12H^+$	$+10e$	$N_2\uparrow + 6H_2O$	+1,24
	$NO_3^- + 8H^+$	$+6e$	$(NH_2OH)H^+ + 2H_2O$	+0,73
	$2NO_3^- + 17H^+$	$+14e$	$(N_2H_4)H^+ + 6H_2O$	+0,84
	$NO_3^- + 10H^+$	$+8e$	$NH_4^+ + 3H_2O$	+0,87
	$NO_3^- + 7H_2O$	$+8e$	$NH_4OH + 9OH^-$	−0,12

Tableau 40 (suite)

Symbole de l'élément	Degré d'oxydation supérieur	$+ne$	Degré d'oxydation inférieur	$E°$, V
Na	Na^+	$+e$	$Na\downarrow$	−2,713
Nb	Nb^{3+}	$+3e$	$Nb\downarrow$	−1,1
	$Nb_2O_5\downarrow + 10H^+$	$+10e$	$Nb\downarrow + 5H_2O$	−0,65
	$NbO^{3} + 2H^+$	$+2e$	$Nb^{3+} + H_2O$	−0,34
	$NbO(SO_4)_2^- + 2H^+$	$+2e$	$Nb^{3+} + H_2O + + 2SO_4^{2-}$	−0,1
	$NbO(SO_4)_2^- + 2H^+$	$+5e$	$Nb\downarrow + H_2O + + 2SO_4^{2-}$	−0,63
Ni	Ni^{2+}	$+2e$	$Ni\downarrow$	−0,23
	$Ni(CN)_4^{2-}$	$+e$	$Ni(CN)_3^{2-} + CN^-$	−0,4
	$NiCO_3\downarrow$	$+2e$	$Ni\downarrow + CO_3^{2-}$	−0,45
	$Ni(OH)_2\downarrow$	$+2e$	$Ni\downarrow + 2OH^-$	−0,72
	$Ni(NH_3)_6^{2+}$	$+2e$	$Ni\downarrow + 6NH_3$	−0,49
	$NiO_2\downarrow + 4H^+$	$+2e$	$Ni^{2+} + 2H_2O$	+1,68
	$NiO_2\downarrow + 2H_2O$	$+2e$	$Ni(OH)_2\downarrow + 2OH^-$	+0,49
	$NiO_4^{2-} + 8H^+$	$+4e$	$Ni^{2+} + 4H_2O$	>+1,8
	$NiS\ \alpha\downarrow$	$+2e$	$Ni + S^{2-}$	+0,76
	$NiS\ \gamma\downarrow$	$+2e$	$Ni\downarrow + S^{2-}$	−0,99
O	$O_2\uparrow + 4H^+$	$+4e$	$2H_2O$	+1,229
	$O_2\uparrow + 4H^+(10^{-7}M)$	$+4e$	$2H_2O$	+0,815
	$O_2\uparrow + 2H_2O$	$+4e$	$4OH^-$	+0,401
	$O_2\uparrow + 2H^+$	$+2e$	H_2O_2	+0,682
	$O_2\uparrow + H_2O$	$+2e$	$HO_2^- + OH^-$	−0,076
	$H_2O_2 + 2H^+$	$+2e$	$2H_2O$	+1,77
	$HO_2^- + H_2O$	$+2e$	$3OH^-$	+0,88
	$O_3\uparrow + 2H^+$	$+2e$	$O_2\uparrow + H_2O$	+2,07
	$O_3\uparrow + H_2O$	$+2e$	$O_2\uparrow + 2OH^-$	+1,24

Tableau 40 (suite)

Symbole de l'élément	Degré d'oxydation supérieur	$+ne$	Degré d'oxydation inférieur	E^0, V
Os	Os^{2+}	$+2e$	$Os\downarrow$	+0,85
	$OsCl_6^{2-}$	$+e$	$OsCl_6^{3-}$	+0,85
	$OsCl_6^{3-}$	$+3e$	$Os\downarrow + 6Cl^-$	+0,71
	$OsCl_6^{3-}$	$+e$	$Os^{2+} + 6Cl^-$	+0,4
	$OsO_4\downarrow + 6Cl^- + + 8H^+$	$+4e$	$OsCl_6^{2-} + 4H_2O$	+1,0
	$OsO_4 + 8H^+$	$+8e$	$Os\downarrow + 4H_2O$	+0,85
	$HOsO_5^- + 4H_2O$	$+8e$	$Os\downarrow + 9OH^-$	+0,02
P	$P\downarrow + 3H^+$	$+3e$	$PH_3\uparrow$	+0,06
	$P\downarrow + 3H_2O$	$+3e$	$PH_3\uparrow + 3OH^-$	−0,89
	$H_3PO_2 + H^+$	$+e$	$P\downarrow + 2H_2O$	−0,51
	$H_2PO_2^-$	$+e$	$P\downarrow + 2OH^-$	−2,05
	$H_3PO_3 + 3H^+$	$+3e$	$P\downarrow + 3H_2O$	−0,50
	$H_3PO_3 + 2H^+$	$+2e$	$H_3PO_2 + H_2O$	−0,50
	$HPO_3^{2-} + 2H_2O$	$+2e$	$H_2PO_2^- + 3OH^-$	−1,57
	$H_4P_2O_6 + 2H^+$	$+2e$	$2H_3PO_3$	+0,38
	$H_3PO_4 + 5H^+$	$+5e$	$P\downarrow + 4H_2O$	−0,41
	$H_3PO_4 + 4H^+$	$+4e$	$H_3PO_2 + 2H_2O$	−0,39
	$2H_3PO_4 + 2H^+$	$+2e$	$H_4P_2O_6 + 2H_2O$	−0,94
	$H_3PO_4 + 2H^+$	$+2e$	$H_3PO_3 + H_2O$	−0,276
	$PO_4^{3-} + 2H_2O$	$+2e$	$HPO_3^{2-} + 3OH^-$	−1,12
Pb	Pb^{2+}	$+2e$	$Pb\downarrow$	−0,126
	Pb^{4+}	$+2e$	Pb^{2+}	+1,8
	Pb^{4+}	$+4e$	$Pb\downarrow$	+0,84
	$PbBr_2\downarrow$	$+2e$	$Pb\downarrow + 2Br^-$	−0,274
	$PbCO_3\downarrow$	$+2e$	$Pb\downarrow + CO_3^{2-}$	−0,506
	$PbCl_2\downarrow$	$+2e$	$Pb\downarrow + 2Cl^-$	−0,266
	$PbF_2\downarrow$	$+2e$	$Pb\downarrow + 2F^-$	−0,350
	$PbI_2\downarrow$	$+2e$	$Pb\downarrow + 2I^-$	−0,364
	$PbO\downarrow + H_2O$	$+2e$	$Pb\downarrow + 2OH^-$	−0,58
	$HPbO_2^- + H_2O$	$+2e$	$Pb\downarrow + 3OH^-$	−0,54

Tableau 40 (suite)

Symbole de l'élément	Degré d'oxydation supérieur	$+ne$	Degré d'oxydation inférieur	E°, V
Pb	$PbO_2\downarrow + H_2O$	$+2e$	$PbO\downarrow + 2OH^-$	+0,28
	$PbO_2\downarrow + 4H^+$	$+2e$	$Pb^{2+} + 2H_2O$	+1,455
	$PbO_2 + 4H^+ + SO_4^{2-}$	$+2e$	$PbSO_4\downarrow + 2H_2O$	+1,68
	$PbO_3^{2-} + H_2O$	$+2e$	$PbO_2^{2-} + 2OH^-$	+0,2
	$PbS\downarrow$	$+2e$	$Pb\downarrow + S^{2-}$	−0,91
	$PbSO_4$	$+2e$	$Pb\downarrow + SO_4^{2-}$	−0,356
Pd	Pd^{2+}	$+2e$	$Pd\downarrow$	+0,987
	$PdCl_4^{2-}$	$+2e$	$Pd\downarrow + 4Cl^-$	+0,623
	$PdCl_6^{2-}$	$+2e$	$PdCl_4^{2-} + 2Cl^-$	+1,29
	$PdCl_6^{2-}$	$+4e$	$Pd\downarrow + 6Cl^-$	+0,96
	$Pd(OH)_2\downarrow$	$+2e$	$Pd\downarrow + 2OH^-$	+0,07
	$Pd(OH)_4\downarrow$	$+2e$	$Pd(OH)_2\downarrow + 2OH^-$	~+0,73
Pt	Pt^{2+}	$+2e$	$Pt\downarrow$	~+1,2
	$PtCl_4^{2-}$	$+2e$	$Pt\downarrow + 4Cl^-$	+0,73
	$PtCl_6^{2-}$	$+2e$	$PtCl_4^{2-} + 2Cl^-$	+0,720
	$Pt(OH)_2\downarrow$	$+2e$	$Pt\downarrow + 2OH^-$	+0,15
	$Pt(OH)_2 + 2H^+$	$+2e$	$Pt\downarrow + 2H_2O$	+0,98
Pu	Pu^{3+}	$+3e$	$Pu\downarrow$	−2,03
	Pu^{4+}	$+e$	Pu^{3+}	+0,970
	PuO_2^{2+}	$+e$	PuO_2^+	+0,916
	$PuO_2^{2+} + 4H^+$	$+2e$	$Pu^{4+} + 2H_2O$	+1,04
	$Pu(OH)_3\downarrow$	$+3e$	$Pu\downarrow + 3OH^-$	−2,42
	$Pu(OH)_4\downarrow$	$+e$	$Pu(OH)_3\downarrow + OH^-$	−0,95
Ra	Ra^{2+}	$+2e$	$Ra\downarrow$	−2,92
Rb	Rb^+	$+e$	$Rb\downarrow$	−2,93

Tableau 40 (suite)

Symbole de l'élément	Degré d'oxydation supérieur	$+ne$	Degré d'oxydation inférieur	E^0, V
Re	$Re\downarrow$	$+e$	Re^-	$-0,4$
	Re^+	$+2e$	Re^-	$-0,23$
	Re^{3+}	$+3e$	$Re\downarrow$	$\sim+0,3$
	$ReO_2\downarrow+4H^+$	$+4e$	$Re+2H_2O$	$+0,26$
	$ReO_3\downarrow+2H^+$	$+2e$	$ReO_2\downarrow+H_2O$	$+0,4$
	$ReO_4^-+8H^+$	$+7e$	$Re\downarrow+4H_2O$	$+0,37$
	$ReO_4^-+4H^+$	$+3e$	ReO_2+2H_2O	$+0,51$
	$ReO_4^-+2H^+$	$+e$	ReO_3+2H_2O	$+0,77$
	$ReO_4^-+4H_2O$	$+7e$	$Re\downarrow+8OH^-$	$-0,584$
	$ReO_4^-+2H_2O$	$+3e$	$ReO_2\downarrow+4OH^-$	$-0,595$
Rh	Rh^{3+}	$+3e$	$Rh\downarrow$	$\sim+0,8$
	$RhCl_6^{3-}$	$+3e$	$Rh\downarrow+6Cl^-$	$+0,44$
	$Rh_2O_3+6H^+$	$+6e$	$2Rh\downarrow+3H_2O$	$+0,87$
	RhO_2+4H^++ $+6Cl^-$	$+e$	$RhCl_6^{3-}+2H_2O$	$>+1,4$
	$RhO^{2+}+2H^+$	$+e$	$Rh^{3+}+H_2O$	$+1,40$
	$RhO_4^{2-}+6H^+$	$+2e$	$RhO^{2+}+3H_2O$	$+1,46$
Ru	Ru^{2+}	$+2e$	$Ru\downarrow$	$+0,45$
	$RuCl_3$	$+3e$	$Ru\downarrow+3Cl^-$	$+0,68$
	$RuCl_5^-$	$+2e$	$Ru^{2+}+5Cl^-$	$+0,3$
	$RuCl_5OH^{2-}+H^+$	$+e$	$RuCl_5^{2-}+H_2O$	$+1,3$
	RuO_4^-	$+e$	RuO_4^{2-}	$+0,59$
	$RuO_4\downarrow$	$+e$	RuO_4^-	$+1,00$
S	$S\downarrow$	$+2e$	S^{2-}	$-0,48$
	$S\downarrow+2H^+$	$+2e$	$H_2S\uparrow$	$+0,14$
	$5S\downarrow$	$+2e$	H_5^{2-}	$-0,34$
	$(SCN)_2\uparrow$	$+2e$	$2SCN^-$	$+0,77$
	$S_4O_6^{2-}$	$+2e$	$2S_2O_3^{2-}$	$+0,09$
	$S_2O_3^{2-}+6H^+$	$+4e$	$2S\downarrow+3H_2O$	$+0,5$
	$2H_2SO_3+2H^+$	$+4e$	$S_2O_3^{2-}+3H_2O$	$+0,40$

Tableau 40 (suite)

Symbole de l'élément	Degré d'oxydation supérieur	$+ne$	Degré d'oxydation inférieur	E°, V
S	$2SO_3^{2-} + 3H_2O$	$+4e$	$S_2O_3^{2-} + 6OH^-$	−0,58
	$2H_2SO_3 + H^+$	$+2e$	$HS_2O_4^- + 2H_2O$	−0,08
	$2SO_3^{2-} + 2H_2O$	$+2e$	$S_2O_4^{2-} + 4OH^-$	−1,12
	$SO_4^{2-} + 4H^+$	$+2e$	$H_2SO_3 + H_2O$	+0,17
	$SO_4^{2-} + H_2O$	$+2e$	$SO_3^{2-} + 2OH^-$	−0,93
	$2SO_4^{2-} + 10H^+$	$+8e$	$S_2O_3^{2-} + 5H_2O$	+0,29
	$2SO_4^{2-} + 5H_2O$	$+8e$	$S_2O_3^{2-} + 10OH^-$	−0,76
	$SO_4^{2-} + 8H^+$	$+6e$	$S\downarrow + 4H_2O$	+0,36
	$SO_4^{2-} + 4H_2O$	$+6e$	$S\downarrow + 8OH^-$	−0,75
	$SO_4^{2-} + 10H^+$	$+8e$	$H_2S + 4H_2O$	+0,31
	$SO_4^{2-} + 4H_2O$	$+8e$	$S^{2-} + 8OH^-$	−0,68
	$S_2O_8^{2-}$	$+2e$	$2SO_4^{2-}$	+2,0
Sb	$Sb\downarrow + 3H^+$	$+3e$	SbH_3	−0,51
	$SbO^+ + 2H^+$	$+3e$	$Sb\downarrow + H_2O$	+0,212
	$Sb_2O_3\downarrow + 6H^+$	$+6e$	$2Sb\downarrow + 3H_2O$	+0,152
	$SbO_2^- + 2H_2O$	$+3e$	$Sb\downarrow + 4OH^-$	−0,675
	$Sb_2O_4\downarrow + 4H^+$	$+2e$	$2SbO^+ + 2H_2O$	+0,68
	$Sb_2O_5\downarrow + 4H^+$	$+4e$	$Sb_2O_3 + 2H_2O$	+0,69
	$Sb_2O_5\downarrow + 6H^+$	$+4e$	$2SbO^+ + 3H_2O$	+0,58
	$SbO_3^- + H_2O$	$+2e$	$SbO_2^- + 2OH^-$	−0,43
Sc	Sc^{3+}	$+3e$	$Sc\downarrow$	−2,08
Se	$Se\downarrow + 2H^+$	$+2e$	$H_2Se\uparrow$	−0,40
	$H_2SeO_3 + 4H^+$	$+4e$	$Se\downarrow + 3H_2O$	+0,74
	$SeO_3^{2-} + 3H_2O$	$+4e$	$Se\downarrow + 6OH^-$	−0,366
	$SeO_4^{2-} + 4H^+$	$+2e$	$H_2SeO_3 + H_2O$	+1,15
	$SeO_4^{2-} + H_2O$	$+2e$	$SeO_3^{2-} + 2OH^-$	+0,05
Si	$Si\downarrow + 4H^+$	$+4e$	$SiH_4\uparrow$	+0,10
	$Si\downarrow + 4H_2O$	$+4e$	$SiH_4\uparrow + 4OH^-$	−0,73

Tableau 40 (suite)

Symbole de l'élément	Degré d'oxydation supérieur	$+ne$	Degré d'oxydation inférieur	E°, V
Si	SiF_6^{2-}	$+4e$	$Si\downarrow + 6F^-$	$-1,2$
	$SiO_2\downarrow + 4H^+$	$+4e$	$Si\downarrow + 2H_2O$	$-0,86$
	H_2SiO_3 (aqueux) + $+4H^+$	$+4e$	$Si\downarrow + 3H_2O$	$-0,79$
	$SiO_3^{2-} + 3H_2O$	$+4e$	$Si\downarrow + 6OH^-$	$-1,7$
Sn	Sn^{2+}	$+2e$	$Sn\downarrow$	$-0,140$
	Sn^{4+}	$+2e$	Sn^{2+}	$+0,15$
	Sn^{4+}	$+4e$	$Sn\downarrow$	$+0,01$
	$HSnO_2^- + H_2O$	$+2e$	$Sn\downarrow + 3OH^-$	$-0,91$
	$Sn(OH)_6^{2-}$	$+2e$	$HSnO_2^- + 3OH^- +$ $+ H_2O$	$-0,93$
Sr	Sr^{2+}	$+2e$	$Sr\downarrow$	$-2,89$
Ta	$Ta_2O_5 + 10H^+$	$+10e$	$2Ta\downarrow + 5H_2O$	$-0,81$
Te	$Te\downarrow + 2H^+$	$+2e$	$H_2Te\downarrow$	$-0,72$
	$Te\downarrow$	$+2e$	Te^{2-}	$-1,14$
	$TeO_2 + 4H^+$	$+4e$	$Te\downarrow + 2H_2O$	$+0,53$
	$TeO_2H^+ + 3H^+$	$+4e$	$Te\downarrow + 2H_2O$	$+0,56$
	$TeO_3^{2-} + 3H_2O$	$+4e$	$Te\downarrow + 6OH^-$	$-0,57$
	$H_6TeO_6\downarrow + 2H^+$	$+2e$	$TeO_2 + 4H_2O$	$+1,02$
	$TeO_4^{2-} + H_2O$	$+2e$	$TeO_3^{2-} + 2OH^-$	$> +0,4$
Th	Th^{4-}	$+4e$	$Th\downarrow$	$-1,90$
	$Th(OH)_4$	$+4e$	$Th\downarrow + 4OH^-$	$-2,48$
Ti	Ti^{2+}	$+2e$	$Ti\downarrow$	$-1,63$
	$TiO_2\downarrow + 4H^+$	$+4e$	$Ti\downarrow + 2H_2O$	$-0,86$

Tableau 40 (suite)

Symbole de l'élément	Degré d'oxydation supérieur	$+ne$	Degré d'oxydation inférieur	$E°$, V
Ti	$TiO^{2+} + 2H^+$	$+4e$	$Ti\downarrow + H_2O$	$\sim -0,88$
	$TiO^{2+} + 2H^+$	$+e$	$Ti^{3+} + H_2O$	$\sim +0,1$
	Ti^{3+}	$+e$	Ti^{2+}	$-0,37$
	TiF_6^{2-}	$+4e$	$Ti\downarrow + 6F^-$	$-1,19$
Tl	Tl^+	$+e$	$Tl\downarrow$	$-0,336$
	$TlBr\downarrow$	$+e$	$Tl\downarrow + Br^-$	$-0,656$
	$TlCl\downarrow$	$+e$	$Tl\downarrow + Cl^-$	$-0,557$
	$TlOH\downarrow$	$+e$	$Tl\downarrow + OH^-$	$-0,344$
	Tl^{3+}	$+2e$	Tl^+	$+1,28$
	$Tl_2O_3 + 3H_2O$	$+4e$	$2Tl^+ + 6OH^-$	$+0,02$
U	U^{3+}	$+3e$	$U\downarrow$	$-1,8$
	U^{4+}	$+e$	U^{3+}	$-0,64$
	$U(OH)_3\downarrow$	$+3e$	$U\downarrow + 3OH^-$	$-2,17$
	$UO_2 + 2H_2O$	$+4e$	$U\downarrow + 4OH^-$	$-2,39$
	$UO_2^+ + 4H^+$	$+e$	$U^{4+} + 2H_2O$	$+0,55$
	UO_2^{2+}	$+2e$	$UO_2\downarrow$	$+0,45$
	$UO_2^{2+} + 4H^+$	$+2e$	$U^{4+} + 2H_2O$	$+0,33$
V	V^{2+}	$+2e$	$V\downarrow$	$-1,18$
	V^{3+}	$+e$	V^{2+}	$-0,255$
	$VO^{2+} + 2H^+$	$+e$	$V^3 + H_2O$	$+0,337$
	VO^{2+}	$+e$	VO^+	$-0,044$
	$VO_2^+ + 2H^+$	$+e$	$VO^{2+} + H_2O$	$+0,9994$
	$VO_2^+ + 4H^+$	$+2e$	$V^{3+} + 2H_2O$	$+0,668$
	$VO_2^+ + 4H^+$	$+3e$	$V^{2+} + 2H_2O$	$+0,360$
	$VO_2^+ + 4H^+$	$+5e$	$V\downarrow + 2H_2O$	$-0,25$
	$VO_3^{3-} + 6H^+$	$+2e$	$VO^+ + 3H_2O$	$+1,26$
	$H_2VO_4^- + 4H^+$	$+e$	$VO^2 + 3H_2O$	$+1,31$

Tableau 40 (suite)

Symbole de l'élément	Degré d'oxydation supérieur	$+ne$	Degré d'oxydation inférieur	$E°$, V
W	$WO_2\downarrow + 4H^+$	$+4e$	$W\downarrow + 2H_2O$	−0,12
	$W(CN)_8^{3-}$	$+e$	$W(CN)_8^{4-}$	+0,457
	$W_2O_5\downarrow + 2H^+$	$+2e$	$2WO_2\downarrow + H_2O$	−0,04
	$WO_3\downarrow + 6H^+$	$+6e$	$W\downarrow + 3H_2O$	−0,09
	$2WO_3\downarrow + 2H^+$	$+2e$	$W_2O_5\downarrow + H_2O$	−0,03
	$WO_4^{2-} + 8H^+$	$+6e$	$W\downarrow + 4H_2O$	+0,05
	$WO_4^{2-} + 4H_2O$	$+6e$	$W\downarrow + 8OH^-$	−1,05
Y	Y^{3+}	$+3e$	$Y\downarrow$	−2,37
Zn	Zn^{2+}	$+2e$	$Zn\downarrow$	−0,7628
	$Zn(CN)_4^{2-}$	$+2e$	$Zn\downarrow + 4CN^-$	−1,26
	$Zn(NH_3)_4^{2+}$	$+2e$	$Zn\uparrow + 4NH_3$	−1,04
	$Zn(OH)_2\downarrow$	$+2e$	$Zn\downarrow + 2OH^-$	−1,245
	$ZnO_2^{2-} + 2H_2O$	$+2e$	$Zn\downarrow + 4OH^-$	−1,216
	$ZnS\downarrow$ (wurtzite)	$+2e$	$Zn\downarrow + S^{2-}$	−1,40
Zr	$ZrO^{2+} + 2H^+$	$+4e$	$Zr\downarrow + H_2O$	−1,57
	$ZrO_2\downarrow + 4H^+$	$+4e$	$Zr\downarrow + 2H_2O$	−1,43
	$H_2ZrO_3\downarrow + H_2O$	$+4e$	$Zr\downarrow + 4OH^-$	−2,36

Tableau 41

Indicateurs d'oxydo-réduction les plus importants

(par ordre de leurs potentiels normaux d'oxydo-réduction)

A. Indicateurs dont le comportement dépend peu du *p*H et de la force

Indicateur	Formule
Dipyridyle-2,2' (complexe avec le ruthénium)	Ru^{3+} (N — N)$_3$
Nitro-*o*-phénanthroline (nitro-ferroïne, complexe avec Fe^{2+})	NO_2; Fe^{2+} (N N)$_3$
Acide N-phénylanthranilique	COOH; —NH—
Phénantroline-1,10 (ferroïne, complexe avec Fe^{2+})	Fe^{2+} (N N)$_3$
p-Ethoxychrysoïdine	C_2H_5O— —N=N— —$NH_2 \cdot HCl$; H_2N

ionique d'une solution

Solution	E° (V)	Coloration	
		de la forme oxydée	de la forme réduite
Dans HCl dilué	+ 1,33	Incolore	Jaune
0,025 M dans l'eau :	+ 1,25	Bleu pâle	Rouge λ_{max}-510 nm
a. à 0,2 % dans l'eau b. à 0,1 % dans une solution à 0,2 % de Na_2CO_3	+ 1,08	Violet-rouge	Incolore
0,025 M ; 1,624 de chlorhydrate de phénanthroline et 0,695 g de $FeSO_4$ dans 100 ml d'eau	+ 1,06	Bleu pâle	Rouge λ_{max}-510 nm
Dans l'eau	+ 1,00	Rouge	Jaune

Indicateur	Formule
Dipyridyle-2,2′ (complexe avec Fe^{2+})	$Fe^{2+}\left(C_5H_4N{-}C_5H_4N\right)_3$
Diméthyl-5,6-phénanthroline-1,10 (complexe avec Fe^{2+})	$Fe^{2+}\left(H_3C,\ CH_3,\ N,\ N\right)_3$
o-Dianisidine	H_3CO, OCH_3, $H_2N{-}\ldots{-}NH_2$
Diphénylaminosulfonate de sodium ou de baryum	$C_6H_5{-}N(H){-}C_6H_4{-}SO_3^-$
Diphénylbenzidine	$C_6H_5{-}N(H){-}C_6H_4{-}C_6H_4{-}N(H){-}C_6H_5$
Diphénylamine	$C_6H_5{-}N(H){-}C_6H_5$

Tableau 41 (suite)

Solution	$E°$ (V)	Coloration de la forme oxydée	Coloration de la forme réduite
Dans HCl dilué	+0,97	Bleu pâle	Rouge
0,025 M dans l'eau	+0,97	Jaune-vert	—
Dans HCl dilué	+0,85	Rouge	Incolore
à 0,05 % dans l'eau	+0,84	Rouge-violet	Incolore
à 1 % dans H_2SO_4 concentré	+0,76	Violet	Incolore
à 1 % dans H_2SO_4 concentré	+0,76	Violet	Incolore

B. Indicateurs sensibles à la variation de *p*H et de force ionique

Indicateur	Formule
Dibromo-2,6-benzolindophénol (sel sodique)	Br, Br, O=, =N—, —ONa
Dichloro-2,6-phénolindophénol (sel sodique)	Cl, Cl, O=, =N—, —ONa
o-Crésolindophénol (sel sodique)	CH_3, O=, =N—, —ONa
Thionine (diaminophénothiazine)	[N, H_2N, $\overset{+}{S}$, NH_2] Cl^-
Bleu de méthylène	[N, $(CH_3)_2N$, $\overset{+}{S}$, $N(CH_3)_2$] Cl^-

Tableau 41 (suite)

d'une solution

Solution	E° (V) à pH égal		Coloration	
	0	7	de la forme oxydée	de la forme réduite
à 0,02 % dans l'eau	+0,64	+0,22	Bleu	Incolore
à 0,02 % dans l'eau	+0,64	+0,22	Bleu	Incolore
à 0,02 % dans l'eau	+0,62	+0,19	Bleu	Incolore
à 0,05 % dans l'alcool à 60 %	+0,56	+0,06	Violet	Incolore
à 0,05 % dans l'eau	+0,53	+0,01	Bleu	Incolore

Indicateur	Formule
Acide indigotétrasulfonique	O O HO_3S SO_3H C C NH HN HO_3S SO_3H
Acide indigotrisulfonique	O O HO_3S SO_3H C C NH HN SO_3H
Carmin d'indigo (acide indigodisulfonique)	O O HO_3S SO_3H C C NH HN
Acide indigomonosulfonique	O O HO_3S C C NH HN

Tableau 41 (suite)

Solution	E° (V) à *p*H égal		Coloration	
	0	7	de la forme oxydée	de la forme réduite
à 0,05 % dans l'eau	+0,37	−0,05	Bleu	Incolore
à 0,05 % dans l'eau	+0,33	−0,08	Bleu	Incolore
à 0,05 % dans l'eau	+0,29	−0,13	Bleu	Incolore
à 0,05 % dans l'eau	+0,26	−0,16	Bleu	Incolore

Indicateur	Formule
Phénosafranine	$\left[H_2N \; N \; \overset{+}{N} \; NH_2 \right] Cl^-$
Safranine T	$\left[H_3C \; N \; CH_3 \; H_2N \; \overset{+}{N} \; NH_2 \right] Cl^-$
Rouge neutre	Voir *Tableau 19*, n° 43

Tableau 41 (suite)

Solution	E° (V) à *p*H égal		Coloration	
	0	7	de la forme oxydée	de la forme réduite
à 0,05 % dans l'eau	+0,28	−0,25	Rouge	Incolore
à 0,05 % dans l'eau	+0,24	−0,29	Violet-rouge	Incolore
à 0,01 % dans l'alcool à 60 %	+0,24	−0,33	Rouge	Incolore

Tableau 42

Longueurs d'onde du spectre et colorations correspondantes

Gamme de longueurs d'onde de la lumière absorbée (nm)	Couleur de l'émission absorbée	Couleur complémentaire (couleur observée de la solution)
400 à 450	Violet	Jaune-vert
450 à 480	Bleu	Jaune
480 à 490	Vert-bleu	Orangé
490 à 500	Bleu-vert	Rouge
500 à 560	Vert	Pourpre
560 à 575	Jaune-vert	Violet
575 à 590	Jaune	Bleu
590 à 625	Orangé	Vert-bleu
625 à 750	Rouge	Bleu-vert

Tableau 43

Méthodes photométriques de dosage de divers ions

Ion à doser	Réactif	Solvant	pH ou acidité	λ_{max} (nm)	Coefficient molaire d'absorption de la lumière ($\varepsilon \cdot 10^{-3}$)
Al^{3+}	Aluminon	Eau	4,5	525	24
	Arsénazo	Eau	—	600	13,0
	Morine	Alcool à 95 %	—	415	18
	Oxyquinoléine	Chloroforme	4,35 à 4,5	405	4,9
				260	80
	Stilbazo	Eau	5,4	500	19,5
	Eriochromocyanine R	Eau	4 à 6	530	40
Ag^{+}	Dithizone	Tétrachlorure de carbone	H_2SO_4, 0,5 N	462	30,5
	Diéthyldithiocarbamate	Tétrachlorure de carbone	2,6 à 5	340	5,4
	Rhodanine (*p*-diméthylaminobenzylidènerhodanine)	Eau + éthanol, 4 % en volume	1,3	595	23,2

Tableau 43 (suite)

Ion à doser	Réactif	Solvant	*p*H ou acidité	λ_{max} (nm)	Coefficient molaire d'absorption de la lumière ($\varepsilon \cdot 10^{-3}$)
As^{3+}	Diéthyldithiocarbamate	Tétrachlorure de carbone	3 à 6	340	3,6
AsO_4^{3-}	Molybdate d'ammonium+ + hydrazinesulfate	Eau	1 à 1,3	840	25
	Molybdate de sodium	Butanol	HCl dilué (1 : 3)	370	5,1
	Molybdate de sodium+ + vanadate de sodium	Eau	HCl, 1 N	400	2,5
$AuBr_4^-$	Acide bromhydrique	Eau	~1	380	4,8
$AuCl_4^-$	Rhodamine B	Benzène	HCl, 1 N	565	97
	Violet de méthyle	Trichloréthylène	HCl, 1 N	600	115
B^{3+}	Vert brillant+HF	Benzène	?	?	20
	Acide carminique	H_2SO_4 concentré	—	585	?
	Curcumine	Ethanol, méthanol ou acétone	—	555	180
	Curcumine+acide oxalique	Ethanol	—	540	40
	Bleu de méthylène+HF	Dichloréthane	?	645	14
	Quinalizarine	H_2SO_4 concentré	—	620	?

Be^{2+}	Acétylacétone	Chloroforme	7	295	31,6
	Aluminone	Eau	7,6	535	2,2
	Berrylon	Eau	12 à 13,2	600	4,0
	Eriochromocyanine R	Eau	9,8	512	?
Bi^{3+}	Dithizone	Tétrachlorure de carbone	6	490	80
	Diéthyldithiocarbamate	Tétrachlorure de carbone	7 à 10	400	6,3
	Iodure de potassium	Alcool isoamylique	H_2SO_4, 1 N	450	6,5
	Iodure de potassium	Eau	H_2SO_4, 1 N	337	34
	Complexone III	Eau	4,5	264	9,4
	Oxyquinoléine	Chloroforme	4 à 5,2	395	11
	Acide chlorhydrique 6 N	Eau	—	327	14,9
	Thio-urée	Eau	HNO_3, 0,4 à 1,2 N	470	8,8
				322	35
Br^-	Rosaniline	Alcool benzylique	H_2SO_4, 18 N	585	68
	Hypochlorite + H_2SO_4	Tétrachlorure de carbone	H_2SO_4, 2 N	415	0,2
CN^-	Pyridine + benzidine	Eau	—	520	69
	Pyridine + acide sulfanilique	Eau	—	450	62
	Pyridine + acide barbiturique	Eau	—	584	124

Tableau 43 (suite)

Ion à doser	Réactif	Solvant	pH ou acidité	λ_{max} (nm)	Coefficient molaire d'absorption de la lumière ($\varepsilon \cdot 10^{-3}$)
Ca^{2+}	Azo-azoxy BN	Tétrachlorure de carbone	NaOH, 1 N	485	20
	Arsénazo III	Eau	6,5	655	10
	Phtaléinecomplexone	Eau	10-11	575	30
	Murexide	Eau	11,3	506	11,3
Cd^{2+}	Dithizone	CCl_4	4 à 12	520	88
	Diéthyldithiocarbamate	CCl_4	9	440	0,21
	Cadion + acétone	Eau	9,4	490	13
Ce^{3+}	Arsénazo III	Eau	3,0	665	47
	Oxyquinoléine	Chloroforme	10	480	2
Ce^{4+}	Coloration des ions	Eau	H_2SO_4, 1 N	320	5,6
Cl^-	Hg^{2+} + diphénylcarbazone	Eau	3,2	520	9,5
Cl_2	o-Tolidine	Eau	1,6	438	26,5
Co^{2+}	Arsénazo	Eau	—	600	25
	Dithizone	Tétrachlorure de carbone	6 à 8	542	59,2
	Diéthyldithiocarbamate	Chloroforme	6,3	650	0,5
	α-Nitroso-β-naphtol	Chloroforme	4 à 5,5	317	26,5
		Benzène	—	416	30

	β-Nitroso-α-naphtol	Eau	NH_3, 0,15 N	550	7,5
		Toluène	~3	530	26
	Sel nitroso R	Eau	5,0	420	23
	Oxyquinoléine	Chloroforme	6,8	420	7,8
	PAN	Chloroforme	3 à 4	590	25
	Rhodanure d'ammonium	Alcool isoamylique	3 à 5,3	312	6,8
		Alcool isoamylique		620	1
		Cyclohexane		620	20
Cr^{3+}	Oxyquinoléine	Chloroforme	—	420	7,7
CrO_4^-	Coloration des ions	Eau	Solution basique	370	4,9
$Cr_2O_7^{2-}$	Coloration des ions	Eau	H_2SO_4, 0,9 N	455	1,8
	Diphénylcarbazide	Eau	1,2 à 2,6	540	34,6
	Acide chromotropique	Eau	H_2SO_4, 0,5 à 5 N	400	3,4
Cu^{2+}	Ammoniac	Eau	NH_3, 3 N	620	0,12
	α-Benzoïnoxime	Chloroforme	11,3 à 12,3	440	2,8
	Dithizone	Tétrachlorure de carbone	HCl, 0,1 N	545	45
		Tétrachlorure de carbone	6	445	22,7
	2,2'-Diquinoléine	Alcool isoamylique	5 à 6	540	5,5
	Diéthyldithiocarbamate	Chloroforme	9 à 9,2	440	12
	8-Mercaptoquinoléine	Toluène	HCl, 2,5 N	432	8
	Oxyquinoléine	Chloroforme	2,7 à 14	410	5,2
	Pyridine + Rhodanure	Chloroforme	Solution faiblement acide	415	1,6

Tableau 43 (suite)

Ion à doser	Réactif	Solvant	pH ou acidité	λ_{max} (nm)	Coefficient molaire d'absorption de la lumière ($\varepsilon \cdot 10^{-3}$)
F^-	Alizarine S+Th^{IV}	Eau	2	525	2
	SPADNS+Zr^{IV}	Eau	HCl dilué (7 : 3)	570	4,4
	Alizarine+Zr^{IV}	Eau	H_2SO_4, 0,6 à 1 M	525	—
	Acide sulfosalicylique+ +Fe^{3+}	Eau	2,9	500	—
Fe^{2+}	Diéthyldithiocarbamate	Chloroforme	0 à 10	515	2,7
	Diméthylglyoxime	Eau	Solution ammoniacale	550	10
	α, α'-Dipyridyle	Eau	3 à 9	522	8,65
	α-Nitroso-β-naphtol	Acétate d'éthyle	Solution faiblement basique	700	6,3
	1,10-Phénanthroline	Eau	2 à 9	508	11,1
$Fe(CN)_6^{4-}$	Sel de fer (II)	Eau	2 à 2,5	610	5
Fe^{3+}	Diéthyldithiocarbamate	Chloroforme	0 à 10	515	2,7
	Cupferron	Chloroforme	H_2SO_4 (1 : 9)	420	3,6
	α-Nitroso-β-naphtol	Chloroforme	—	407	2,9
	Oxyquinoléine	Chloroforme	Solution faiblement acide	470	5,8

$Fe(CN)_6^{3-}$	Rhodanure d'ammonium	Eau	0,3 à 1,2	480	6,3
	Acide salicylique	Eau	2,6 à 2,8	520	1,6
	Acide sulfosalicylique	Eau	8,2	420	5,5
	Ferron (iodo-7-quinolinol-8,5-sulfo-acide)	Eau	2,7 à 3,1	610	3,6
	Acide chlorhydrique	Eau	HCl, 6,7 N	342	2,9
	Sel de fer (III)	Eau	2 à 2,5	610	5
H^{IV}	Arsénazo	Eau	HCl, 9 N	665	95
Hg^{2+}	Dithizone	Chloroforme	5 à 6	492	70
	Diéthyldithiocarbamate	Tétrachlorure de carbone	3,7	340	1,0
I_2	Coloration de la substance	Chloroforme	—	510	0,46
		Chloroforme	—	360	14,2
		Benzène	—	500	0,52
In^{3+}	Dithizone	Tétrachlorure de carbone	9	510	119
	Oxyquinoléine	Chloroforme	3,5	395	6,7
K^+	Dipicrylamine	Acétone (1 : 1)	10 à 11	500	0,8
Li^+	Thoron	Acétone (7 : 3)	13	486	6

Tableau 43 (suite)

Ion à doser	Réactif	Solvant	*p*H ou acidité	λ_{max} (nm)	Coefficient molaire d'absorption de la lumière ($\varepsilon \cdot 10^{-3}$)
Mg^{2+}	Oxyquinoléine	Chloroforme	11,2 à 11,3	380	5,6
	Jaune de titane	Eau	>12	545	2,8
	Noir au chrome acide spécial	Eau	10	540	33
Mn^{3+}	Diéthyldithiocarbamate	Tétrachlorure de carbone	6 à 9	505	3,7
MnO_4^-	Coloration des ions	Eau	<1	525	2,02
Mo^{5+}	Rhodanure d'ammonium	Ether	HCl, 0,8 N	470	19,5
		Alcool isoamylique	HCl, 1 N	470	15,3
Mo^{VI}	Dithiol	Acétate d'isoamyle ou éther de pétrole	HCl, 4 N	680	18
	8-Mercaptoquinoléine	Toluène	HCl, 2,5 N	420	7
	Oxyquinoléine	Chloroforme	—	369	8,2
NH_4^+	Phénolate de sodium+ +hypochlorite	Eau	NaOH, 0,8 N	625	3,5
	Réactif de Nessler	Eau	13	400	6,2
NO_2^-	Acide sulfanilique+ +α-naphtylamine	Eau	2 à 2,5	520	40

NO_3^-	Acide 2,4-phénoldisulfonique	Eau	—	410	9,4
	Brucine	Eau	H_2SO_4, dilué (2 : 1)	410	1,5
Nb^V	PAR + H_2O_2	Eau	5	540	32
	Eau oxygénée	Acide sulfurique concentré	—	365	0,86
	Pyrogallol	Eau	H_2SO_4, dilué (1 : 40)	400	6,6
	Rhodanure d'ammonium + + $SnCl_2$	Eau + acétone (1 : 1)	HCl, 2 à 3 N	383	38
		Ether	HCl, 4 N	385	36,2
Ni^{2+}	Diméthylglyoxime	Chloroforme	Solution faiblement basique	375	3,5
	Ammoniac	Eau	NH_3, 1,5 N	582	0,006
	Diéthyldithiocarbamate	Tétrachlorure de carbone	4 à 11	430	1,8
	Dithizone	Chloroforme	NH_4OH, 0,3 N	480	27
	Oxyquinoléine	Chloroforme	≃6,7	395	4,9
	Salicylaldoxime	Chloroforme	—	400	6
	α-Furyldioxime	Dichlorobenzène	7,5 à 8,3	438	17,6
Ni^{3+}	Diméthylglyoxime + + oxydant	Eau	Solution ammoniacale	470	13
PO_4^{3-}	Molybdate d'ammonium	Eau	HNO_3, 0,25 N	360	4,8
	Molybdate d'ammonium + + $SnCl_2$	Eau	HNO_3, 0,25 N	735	18,5
	Molybdate d'ammonium + + vanadate d'ammonium	Eau	HCl, 0,05 N	315	20
				400	2,5

Tableau 43 (suite)

Ion à doser	Réactif	Solvant	pH ou acidité	λ_{max} (nm)	Coefficient molaire d'absorption de la lumière ($\varepsilon \cdot 10^{-3}$)
Pb^{2+}	Arsénazo III	Eau	4,5	655	10
	Dithizone	Tétrachlorure de carbone	8,5	520	68,8
	Diéthyldithiocarbamate	Tétrachlorure de carbone	4 à 11	340	9,3
	Sulfarsazène	Eau	9,2	515	20
Pd^{2+}	Dithizone	Tétrachlorure de carbone	H_2SO_4, 0,5 M	450	34,4
	Diméthylglyoxime	Chloroforme	HCl, 0,2 à 0,3 N	383	1,6
	Iodure de potassium	Eau	HCl, jusqu'à 2 N	408	9,4
	8-Mercaptoquinoléine	Eau	HCl, 6 N	485	8,0
	α-Furyldioxime	Chloroforme	Solution fortement acide	380	23,8
$PtCl_6^{2-}$	*p*-Nitrosométhylaniline	Ethanol à 80 %	2 à 5	525	67
	Iodure de potassium	Eau	1,6	495	12
	Chlorure d'étain (II)	Eau	HCl, dilué (1 : 9)	405	10

$ReCl_6^-$	α-Furyldioxime+ $SnCl_2$ 8-Mercaptoquinoléine	Eau+acétone à 25 % Chloroforme	HCl, 0,8 N HCl, 8 à 11 N	530 438	43 8,5
ReO_4^-	Violet de méthyle Rhodanure de potassium+ + $SnCl_2$	Toluène Eau Ether diéthylique	3,5 à 5 H_2SO_4, 4 à 7 N H_2SO_4, 4 à 7 N	600 400 432	39,5 18 37
S^{2-}	*p*-Aminodiméthylaniline	Eau	HCl, 0,55 N	670	34
	Les mêmes réactifs et aux mêmes conditions que dans le dosage de CN^-, de plus:				
	Pyridine+sulfate de cuivre	Chloroforme	2,5 à 4	410 610	2,4 5
Sb^{3+} $SbCl_6^-$	Iodure de potassium Rhodamine B Violet de méthyle Safranine T	Eau Benzène Toluène Benzène	H_2SO_4, 2,4 à 3,8 N HCl, 6 N HCl, 1,2 N HCl, 3,5 N	425 565 600 518	4 28 50 37

Tableau 43 (suite)

Ion à doser	Réactif	Solvant	*p*H ou acidité	λ_{max} (nm)	Coefficient molaire d'absorption de la lumière ($\varepsilon \cdot 10^{-3}$)
Se^{IV}	3,3'-Diaminobenzidine	Eau	HCl, 0,1 N	348	14,3
		Toluène	6 à 7	420	9,9
SiO_3^{2-}	Molybdate d'ammonium	Eau	1,6	352	7,1
	Molybdate d'ammonium+ + Cl_2	Eau	HCl, 2 N	815	20
Sn^{2+}	Dithiol	Eau	<1	530	5,8
	Hématoxyline	Eau	2,5 à 4	580	43
	Diéthyldithiocarbamate	Tétrachlorure de carbone	4 à 5,8	415	2,4
	Quercétine	Eau	3 à 4	440	35,5
	Violet de pyrocathéchol	Eau	2,3 à 4,5	610	60
	Phénylfluorone	Eau	1	490	80
Ta^{V}	Diméthylfluorone	Eau	1	530	42
	Pyrogallol+oxalate	Eau	HCl, 6 N	365	5
TaF_6^-	Vert brillant	Benzène	0,6 à 2,0	600	68
	Violet de méthyle	Benzène	2,3	580	100

Te^{IV}	Diéthyldithiocarbamate	Tétrachlorure de carbone	4 à 8,8	428	3,2
	Bismuthol II	Eau	6,5	400	14,7
		Chloroforme	6,5	335	28
	Thio-urée	Eau	H_2SO_4, 1,8 N	320	16
Th^{IV}	Arsénazo III	Eau	HCl, 8 N	665	127
	Carboxygallanilide	Eau	4,5	413	25
	Morine	Eau	2,0	410	42
	PAR	Eau	6,4 à 6,7	500	38,9
	Toron	Eau	0,8	545	16,5
Ti^{4+}	Eau oxygénée	Eau	H_2SO_4, 1,8 N	410	0,72
	Acide sulfosalisylique	Eau	3,2 à 4,9	370	15
	Tiron	Eau	4,3 à 9,6	410	16
	Acide chromotropique	Eau	2,7 à 4,6	470	11,5
Tl^{+}	Dithizone	Chloroforme	NaOH, 0,8 N	505	33
Tl^{3+}	Diéthyldithiocarbamate	Tétrachlorure de carbone	4 à 11	426	1,3
	Violet de méthyle	Benzène	HCl, 0,5 N	560	56
	Oxyquinoléine	Chloroforme	4 à 8	401	6,8

Tableau 43 (suite)

Ion à doser	Réactif	Solvant	pH ou acidité	λ_{max} (nm)	Coefficient molaire d'absorption de la lumière ($\varepsilon \cdot 10^{-3}$)
U^{IV} UO_2^{2+}	Arsénazo III	Eau	HCl, 4 N	670	130
	Arsénazo I	Eau	4,2	555	22,8
	Arsénazo III	Eau	2,0	665	53
	Dibenzoylméthane (diphényl-1,3-propanedione-1,3)	Eau	6,5 à 8,5	395	18
	Diéthyldithiocarbamate	Chloroforme	6,5 à 7,2	380	4,0
	$K_4Fe(CN_6)$	Eau	1 à 2	525	3,7
	Quinalizarine	Eau	6,8 à 7,5	610	2,8
V^V	Tungsténate+H_3PO_4	Alcool isobutilique	HNO_3, 0,5 N	400	2,2
	Diéthyldithiocarbamate	Tétrachlorure de carbone	4 à 5,9	400	3,8
	Oxyquinoléine	Chloroforme	4	550	3,3
	Eau oxygénée	Eau	H_2SO_4, 1,5 N	460	0,27
W^{VI}	Acide vanadiophosphorique	Eau	H_3PO_4, dilué (1 : 100)	400	0,62
	Dithiol	Acétate d'amyle	0,5 à 2,0	640	20
	Rhodanure+$SnCl_2$	Eau	HCl, 9 N	400	11,5

	Oxyquinoléine	Ether	—	405	18,3
		Acétone à 60 %	—	398	17,6
		Chloroforme	—	357	3,3
Zn^{2+}	Dithizone	Tétrachlorure de carbone	8,3	535	94
	PAN	Tétrachlorure de carbone	5 à 6	560	28,7
Zr^{IV}	Alizarine S	Eau	0,6 à 1,5	520	6,5
	Arsénazo I	Eau	1,6	600	9,7
	Arsénazo III	Eau	HCl, 9 N	665	120
	Quercétine	Ethanol à 30 %	HCl, 0,5 N	440	31,4
	Orangé de xylénol	Eau	1,5	550	52
	SPADNS	Eau	0,9 à 1,1	580	18,9
	Toron	Eau	2	570	3

Tableau 44

Propriétés de certains solvants

n°	Solvant	Formule	Masse moléculaire M	Densité à 20 °C (g/cm³)	Indice de réfraction	Point de fusion (°C)
1	Acétate d'*iso*-amyle	$CH_3COOCH_2CH_2CH(CH_3)_2$	130,190	0,856	1,400	− 75
2	Alcool *iso*-amylique	$(H_3C)_2CH{-}CH_2{-}CH_2OH$	88,151	0,806	1,406	—134
3	Aniline	$C_6H_5NH_2$	93,130	1,022	1,586	− 6,0
4	Acétone	CH_3COOCH_3	58,081	0,791	1,359	− 94,9
5	Alcool benzylique	$C_6H_5CH_2OH$	108,141	1,045	1,539	− 15,3
6	Benzène	C_6H_6	78,144	0,8790	1,5014	+ 5,5
7	*n*-Butanol	C_4H_9OH	74,124	0,810	1,399	− 79,9
8	*iso*-Butanol	$(CH_3)_2CHCH_2OH$	74,124	0,803	1,396	− 108
9	*n*-Butylamine	$C_4H_9NH_2$	73,140	0,740	1,401	− 50,6
10	Acétate de *n*-butyle	$CH_3COOC_4H_9$	116,162	0,882	1,395	− 77
11	Butyl-cellosolve (éther *n*-butylique de monoéthylèneglycol)	$HO{-}CH_2{-}CH_2{-}O{-}C_4H_9$	118,178	0,902	1,417	− 40
12	Eau	H_2O	18,016	0,997	1,333	0,00
13	*n*-Hexane	C_6H_{14}	86,178	0,6603	1,3754	− 94
14	Glycérine	$CH_2OHCHOHCH_2OH$	92,097	1,261	1,473	+ 18,2
15	Décaline (décahydronaphtalène)	$C_{10}H_{18}$	138,255	0,890	1,475	− 125

Point d'ébullition (°C)	Pression de vapeur (cm Hg)	Tension superficielle à 20 °C (dyn/cm)	Solubilité dans l'eau (g/100 ml)	Constante diélectrique (~20 °C)	Température d'inflammation (°C)	n°
135,5	15,7 (20 °C)	—	0,25 (15 °C)	5,26	25	1
128	0,2 (20 °C)	23,7	2,67 (25 °C)	15,8	42	2
184,25	0,24 (50 °C)	42,9	3,66 (25 °C)	7,2	−71	3
56,1	22,9 (25 °C)	23,7	∞	21,3	−16,7	4
206	0,1 (60 °C)	38,3	3,66 (20 °C)	13,1	—	5
80,8	9,6 (25 °C)	28,9	0,175 (20 °C)	2,3	−8	6
117,7	0,64 (25 °C)	24,6	7,9 (20 °C)	17,8	42	7
108	1,8 (31 °C)	—	8,5 (20 °C)	18,8	34	8
77,8	—	21,6	∞	5,4	—	9
125	18 (20 °C)	—	2,3 (20 °C)	5,0	22	10
170,6	0,9 (20 °C)	—	50	—	60	11
100,0	2,38 (25 °C)	72,75	—	80	Inflammable	12
68,8	15,1 (25 °C)	18,4	0,014 (16 °C)	1,9	−31	13
290	0,1 (125 °C)	64,5	∞	43	160	14
189—192	0,06 (20 °C)	—	Pratiquement insoluble	—	57-58	15

n°	Solvant	Formule	Masse moléculaire M	Densité à 20 °C (g/cm³)	Indice de réfraction	Point de fusion °C
16	Oxyde d'*iso*-propyle	$(H_3C)_2CH{-}O{-}CH(CH_3)_2$	102,178	0,715	1,368	< – 60
17	Dichloréthane (dichlorure d'éthylène)	$CH_2Cl{-}CH_2Cl$	98,968	1,257	1,444	– 35,3
18	Dioxane-1,4	$(CH_2)_4O_2$	88,108	1,033	1,422	+ 11,7
19	*o*-Dichlorobenzène	$C_6H_4Cl_2$	147,012	1,305	1,552	– 16,7
20	Oxyde d'éthyle (éther)	$C_2H_5OC_2H_5$	74,124	0,714	1,354	– 117,
21	Xylène (mélange d'isomères)	C_8H_{10}	106,169	0,88	1,506	– 25,3
22	Méthanol	CH_3OH	32,043	0,792	1,329	– 94,9
23	Méthylisobutylcétone (hexone)	$(CH_3)_2CHCH_2COCH_3$	100,162	0,800	1,396	– 84
24	Méthylcellosolve (éther monométhylique d'éthylèneglycol)	$HO{-}CH_2{-}CH_2{-}O{-}CH_3$	76,097	0,965	1,103	—
25	Méthyléthylcétone	$CH_3COC_2H_5$	72,108	0,805	1,379	– 86
26	Nitrobenzène	$C_6H_5NO_2$	123,114	1,203	1,552	+ 5,7
27	*n*-Octane	C_8H_{18}	114,232	0,703	1,398	– 57
28	iso-Octane	C_8H_{18}	114,232	0,708	1,401	– 60
29	Pyridine	C_5H_5N	79,103	0,982	1,509	– 38,2
30	*n*-Propanol	C_3H_7OH	60,097	0,804	1,385	– 127
31	*iso*-Propanol	CH_3H_7OH	60,097	0,789	1,381	– 88,5

Tableau 44 (suite)

Point d'ébullition (°C)	Pression de vapeur (cm Hg)	Tension superficielle à 20 °C (dyn/cm)	Solubilité dans l'eau (g/100 ml)	Constante diélectrique (~20 °C)	Température d'inflammation (°C)	n°
68	15,8 (20 °C)	32	1,2 (25 °C)	—	−22	16
83,5	7,7 (25 °C)	0,84	0,87 (20 °C)	10,5	12	17
101,1	2,7 (20 °C)	36,5	∞	3,0	5	18
180,2	0,13 (25 °C)	—	0,014 (25 °C)	7,5	77	19
34,6	53,7 (25 °C)	16,5	6,95 (20 °C)	4,3	−40	20
136-145	1,0 (20 °C)	28	0,013 (25 °C)	2,4	20	21
64,65	12,4 (25 °C)	22,5	∞	32,3	6,5	22
115,65	2,0 (25 °C)	—	2,3 (25 °C)	—	15,6	23
124,5	6,2 (20 °C)	—	∞	17,2	36	24
79,6	9,84 (25 °C)	24,6	27,3 (20 °C)	18,4	−7,2	25
210	0,75 (80 °C)	43,6	0,19 (20 °C)	35,5	90	26
125,0	1,1 (20 °C)	—	0,0015(20°C)	2,0	+17	27
118	—	—	—	—	< −12	28
115,1	1,54	36,6	∞	12,5	20	29
97,2	1,45	23,6	∞	—	25	30
82,3	10,0 (39 °C)	21,7	∞	18,6	18,8	31

n°	Solvant	Formule	Masse moléculaire M	Densité à 20 °C (g/cm³)	Indice de réfraction	Point de fusion (°C)
32	Acide sulfurique	H_2SO_4	98,082	1,834	1,429	+ 10,5
33	Huile de térébenthine	—	—	0,85—0,88	– 1,47	—
34	Sulfure de carbone	CS_2	76,143	1,263	1,627	–112,8
35	Tétraline	$C_{10}H_{12}$	132,207	0,971	1,543	– 35
36	Toluène	$C_6H_5CH_3$	92,141	0,866	1,496	– 95
37	Tétrachlorure de carbone	CCl_4	153,839	1,595	1,461	– 22,9
38	Acide acétique	CH_3COOH	60,054	1,049	1,372	+ 16,6
39	Furfural	$C_4H_3CHO_2$	96,087	1,160	1,526	– 39
40	Monochlorobenzène	C_6H_5Cl	112,563	1,107	1,525	– 45
41	Chloroforme	$CHCl_3$	119,390	1,489	1,446	– 63,5
42	Cyclohexane	C_6H_{12}	84,163	0,779	1,426	6,5
43	Cyclohexanol	$C_6H_{11}OH$	100,162	0,494	1,465	+ 24
44	Cyclohexanone	$C_6H_{10}O$	98,146	0,949	1,452	—
45	Ethanol	C_2H_5OH	46,070	0,789	1,362	–111,8
46	Ethanolamine	$H_2NCH_2CH_2OH$	61,086	1,018	1,454	+ 10,5
47	Acétate d'éthyle	$CH_3COOC_2H_5$	88,108	0,901	1,372	– 83,6
48	Ethylèneglycol	$HOCH_2CH_2OH$	62,070	1,114	1,431	– 17,4

Tableau 44 (suite)

Point d'ébullition (°C)	Pression de vapeur (cm Hg)	Tension superficielle à 20 °C (dyn/cm)	Solubilité dans l'eau (g/100 ml)	Constante diélectrique (~20 °C)	Température d'inflammation (°C)	n°
(330)	< 0,001 (25 °C)	(55)	∞	>84	Inflammable	32
153-180	0,45 (20 °C)	14,4	~0,2 (15 °C)	2,17	30-37	33
46,25	29,8 (20 °C)	33,6	0,18 (20 °C)	2,7	−20	34
207,3	0,03 (20 °C)	—	~0,001 (20 °C)	—	78	35
110,8	2,8 (25 °C)	28,4	0,047 (20 °C)	2,4	5	36
76,7	11,5 (25 °C)	26	0,08 (20 °C)	2,2	Inflammable	37
118,1	1,5 (25 °C)	27,8	∞	9,5	40	38
162,1	2,5 (72 °C)	43,5	8,3 (20 °C)	41,9	94	39
132,0	0,88 (20 °C)	33,2	0,049 (30 °C)	5,7	29	40
61,2	19,9 (25 °C)	27,1	0,82 (20 °C)	5,1	Inflammable	41
81	7,8 (25 °C)	—	0,01 (20 °C)	2,0	17	42
161,5	1,0 (56 °C)	34,0	4,0 (20 °C)	10	68-72	43
155	0,85 (20 °C)	—	2,4 (30 °C)	—	40	44
78,32	5,9 (25 °C)	21,9	∞	25,0	11	45
172,2	—	—	∞	—	—	46
77,15	7,3 (20 °C)	23,75	7,9 (20° C)	6,2	4,4	47
197,4	3,9 (120 °C)	47,7	∞	41,2	—	48

Tableau 45

Extraction par les solvants organiques

A. Extraction de divers éléments sous forme de dithizonates (Dz: ion dithizone)

Le réactif est une solution de dithizone dans le chloroforme ou dans le tétrachlorure de carbone ; E signifie l'extraction par les deux solvants ; N, non extractible ; N-E, faiblement extractible

Elément	Complexe	Coloration	Maximum d'absorption de la lumière λ (nm)	Solubilité dans $CHCl_3$ ou CCl_4	*p*H d'extraction	Remarques
Ag^+	AgHDz	Jaune	460	E	Solution diluée d'acide minéral	—
	Ag_2Dz	Violet-rouge	—	N	Solution basique	Un peu soluble dans $CHCl_3$ (solution rouge)
Au^{3+}	$Au(HDz)_3$	Jaune	450	E	Solution diluée d'acide minéral	Les solutions sont sensibles à la lumière. On applique le titrage extractif direct et le dosage spectrophotométrique
	Au_2Dz_3	Rouge-brun	—	E	Solution basique	Faiblement soluble dans CCl_4. Les solutions sont sensibles à la lumière. Seul le titrage extractif direct est utilisé

Bi^{3+}	$Bi(HDz)_3$	Orangé	490 et 275	E	$>2(CCl_4)$	—
	Bi_2Dz_3	Orangérouge	505	E	Solution basique	Réagit également en présence de KCN
Cd^{2+}	$Cd(HDz)_2$	Rouge	520	E	Solution basique	Stable lors du sécouage avec une solution de NaOH 1 N
Co^{2+}	$Co(HDz)_2$	Violetrouge	542	E	7 à 9 (CCl_4)	Solution de dithizonate dans le solvant organique est assez stable vis-à-vis des acides minéraux dilués
	CoDz(?)	Brun	—	E	Solution fortement basique	Apparition des produits de décomposition est possible
Cu^{+}	CuHDz	Violet, solution dans CCl_4 est brune	—	E	Solution diluée d'acide minéral (~0,1 N)	—
	Cu_2Dz	Rouge-brun	—	E	Solution basique	N'est soluble qu'un peu dans CCl_4
Cu^{2+}	$Cu(HDz)_2$	Violet-rouge	545-550	E	Solution diluée d'acide minéral	On recommande d'effectuer le dosage d'après la coloration mixte pour $\lambda=510$ nm ou 625 nm
	CuDz	Jaune-brun	450	E	Solution basique	Peut également se former en solution peu acide, lorsque les ions cuivre se trouvent en présence d'un excès de dithizone

Tableau 45 (suite)

Elément	Complexe	Coloration	Maximum d'absorption de la lumière λ (nm)	Solubilité dans $CHCl_3$ ou CCl_4	*p*H d'extraction	Remarques
Fe^{2+}	$Fe(HDz)_2$	Rouge	520	E	7 à 9 (CCl_4)	Fe^{III} ne forme pas de complexe, mais il oxyde la dithizone en milieu alcalin, surtout en présence de cyanure
Hg_2^{2+}	$Hg_2(HDZ)_2$	Orangé	—	E	Solution diluée d'acide minéral	—
	Hg_2Dz	Pourpre rouge	485	N-E	Solution basique	—
Hg^{2+}	$Hg(HDz)_2$	Orangé-jaune	485	E	Solution diluée d'acide minéral	Peut se former en solution faiblement basique ayant un excès de dithizone. Sensible à la lumière. On recommande d'effectuer le dosage d'après la coloration mixte pour λ=500 nm ou 610 nm
Hg^{2+}	HgDz	Rouge	520	E	Solution basique	Peut se former en solution peu acide ayant un défaut de dithizone
In^{3+}	$In(HDz)_3$	Rouge	510	E	5 à 6 (CCl_4) ; 8,3 à 9,6 ($CHCl_3$)	Réagit également en présence de cyanure
Mn^{2+}	$Mn(HDz)_2$	Violet-brun	—	$CHCl_3$	~10	Solution est trés instable ; $CHCl_3$ étant

						remplacé par CCl_4 il se précipite des flocons bruns
Ni^{2+}	$Ni(HDz)_2$	Brun-violet (pour l'extraction à partir de solutions fortement basiques on note la couleur grise)	285, 480, 665	E	Solution faiblement basique	Si l'on utilise CCl_4, le dithizonate de nickel y dissout est difficilement décomposé par les acides minéraux
Pb^{2+}	$Pb(HDz)_2$	Rouge carmin	520	E	8,5 à 11 (valeur optimale dans $CHCl_3$)	Présence de CN^- n'empêche pas la réaction
Pd^{2+}	$Pd(HDz)_2$	Vert brunâtre, la solution dans $CHCl_3$ est vert pâle	280, 640	E	—	Peut se former par addition de la dithizone à une solution de PdDz. Stable vis-à-vis de NaOH 6 N et de H_2SO_4 6 N. Le dosage d'après la coloration mixte est fait pour $\lambda=620$ nm et $\lambda=280$ nm
	PdDz	Rouge brunâtre	—	N-E	Solution diluée d'acide minéral	Dans les solvants organiques n'est soluble que partiellement avec formation d'une solution de couleur violet foncé. La réaction se déroule lentement

Tableau 45 (suite)

Elément	Complexe	Coloration	Maximum d'absorption de la lumière λ (nm)	Solubilité dans $CHCl_3$ ou CCl_4	*p*H d'extraction	Remarques
Pt^{2+}	$Pt(HDz)_2$	Brun-jaune	710, 490 et 260	CCl_4	HCl de 1,5 à 3 N	On effectue la réaction en présence de $SnCl_2$; parfois il y a apparition des flocons violets. Le dithizonate de platine (II) est insoluble dans $CHCl_3$. Le platine (IV) aussi que d'autres métaux du groupe du platine aux valences IV et III ne réagissent pas
Sn^{2+}	$Sn(HDz)_2$	Rouge	520	E	>4 (valeur optimale 6 à 9) (CCl_4)	Instable
Tl^{+}	TlHDz	Orangé-rouge	505	E	11 à 14,5	Se forme en présence de CN^-
Zn^{2+}	$Zn(HDz)_2$	Pourpre rouge	535	E	Solution neutre ou faiblement basique (valeur optimale 8,3 dans une solution tampon de citrate par extraction à $CHCl_3$)	A l'excès de dithizone la réaction se produit complètement aussi en milieu faiblement acide. La présence de thiosulfate n'empêche pas la réaction

Action des réactifs dissimulants dans l'extraction sous forme de dithizonates

Conditions d'extraction	Eléments réagissant sur la dithizone
Solution basique renfermant le cyanure	Pb^{2+}, Sn^{2+}, Tl^{+}, Bi^{3+}
Solution faiblement acide renfermant le cyanure	Pd^{2+}, Hg^{2+}, Ag^{+}, Cu^{2+}
Solution acide diluée renfermant le rhodanure	Hg^{2+}, Au^{3+}, Cu^{2+}
Solution acide diluée renfermant le rhodanure et le cyanure	Hg^{2+}, Cu^{2+}
Solution acide diluée renfermant le bromure ou l'iodure	Pb^{2+}, Au^{3+}, Cu^{2+}
Solution acide diluée renfermant l'éthylènediamine-tétracétate	Hg^{2+}, Ag^{+}
Solution faiblement acide (pH 5) renfermant le thiosulfate (la dithizone est dissoute dans CCl_4)	Pd^{2+}, Sn^{2+}, Zn^{2+} (Cd^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+})
Solution faiblement acide renfermant le thiosulfate et le cyanure (pH 4-5)	Zn^{2+}, Sn^{2+}
Citrate et tartrate en milieu basique	D'une manière générale n'empêchent pas l'extraction des dithizonates

B. Extraction de divers éléments sous forme de diéthyldithiocarbamates

Elément	Valeurs optimales du *p*H d'extraction	Extractif et conditions d'extraction
Ag^{+}	3	Acétate d'éthyle
	4 à 11	Tétrachlorure de carbone
As^{III}	4 à 5,6	Idem
Bi^{3+}	1 à 10	Chloroforme, oxyde d'éthyle, acétate d'éthyle
	11 à 12	Tétrachlorure de carbone en présence de l'éthylènediaminetétracétate et de KCN
Cd^{2+}	3	Acétate d'éthyle
	11 à 12	Tétrachlorure de carbone en présence de KCN
Co^{2+}	6 à 8	Chloroforme
Cr^{VI}	0 à 6	Idem
Cu^{2+}	1 à 3,5	Idem
	Solution basique	Acétate d'éthyle en présence de l'éthylènediaminetétracétate ; peut être séparé des autres éléments extractibles dans ces conditions par traitement avec un acide
Fe^{2+}	4 à 11	Tétrachlorure de carbone
Fe^{3+}	0 à 10	Chloroforme
Ca^{3+}	3	Acétate d'éthyle (un excès de réactif est nécessaire)
Hg^{2+}	3	Acétate d'éthyle
	11	Tétrachlorure de carbone en présence de l'éthylènediaminetétracétate
In^{3+}	3	Acétate d'éthyle
	9	Tétrachlorure de carbone en présence de KCN
Mn^{2+}	6,5	Acétate d'éthyle (un excès de réactif est nécessaire)
	7,5 à 8,0	Chloroforme en présence du citrate
Mo^{VI}	3	Acétate d'éthyle

Nb^{V}	4 à 5,5	Tétrachlorure de carbone
	0 à 10	Chloroforme, acétate d'éthyle
Ni^{2+}	2,2	Chloroforme
Os^{VI}	7 à 9 (extraction lente et incomplète)	Tétrachlorure de carbone
Pb^{2+}	Solution fortement acide	Ether diéthylique, acétate d'éthyle
	11	Tétrachlorure de carbone en présence de KCN
Pd^{2+}	11	Tétrachlorure de carbone en présence de l'éthylènediamine-tétracétate
Re^{VI}	HCl concentré	Acétate d'éthyle
Sb^{III}	4 à 9,5	Tétrachlorure de carbone
Se^{IV}	5 à 6	Idem
Sn^{IV}	5 à 6	Idem
Te^{IV}	3	Acétate d'éthyle
	H^{+} 5 N, 3,3	Chloroforme, benzène
	8,5 à 8,8	Tétrachlorure de carbone en presence de l'éthylènediamine-tétracétate et de KCN
Tl^{+}	3	Acétate d'éthyle (un excès de réactif est nécessaire)
Tl^{3+}	11	Tétrachlorure de carbone en présence de l'éthylènediamine-tétracétate et de KCN
U^{VI}	6,5 à 8,5	Chloroforme, acétate d'amyle, oxyde d'éthyle
V^{V}	3	Acétate d'éthyle
	4,5 à 5,0	Chloroforme
	0,4 à 0,5	Acétate d'amyle en présence de l'acide tartrique
W^{VI}	1 à 1,5	Acétate d'éthyle
Zn^{2+}	11	Tétrachlorure de carbone
	Solution faiblement basique	Ether diéthylique, chloroforme

Tableau 45 (suite)

Action des réactifs dissimulants dans l'extraction sous forme de diéthyldithiocarbamates

Conditions d'extraction	Elément réagissant sur le diéthyldithiocarbamate
En présence de l'éthylènediaminetétracétate à pH 11	Ag^{+}, Bi^{3+}, Cu^{2+}, Hg^{2+}, Pd^{2+}, Tl^{3+}
En présence de KCN à pH 9	Bi^{3+}, In^{3+}, Mn^{2+}, Sb^{3+}, Te^{IV}, Tl^{3+}
Idem, à pH 11	Bi^{3+}, Cd^{2+}, Pb^{2+}, Tl^{3+}
En présence de l'éthylènediaminetétracétate et de KCN à pH 9	Bi^{3+}, Sb^{3+}, Te^{IV}, Tl^{3+}
Idem, à pH 11	Bi^{3+}, Tl^{3+}

C. Extraction de divers éléments sous forme de cupferronates

Elément	Conditions optimales d'extraction	Extractif
Al^{3+}	pH 2 à 5	Chloroforme
Bi^{3+}	HCl, H_2SO_4	Toluène, méthyléthylcétone
Cd^{2+}	Solution neutre	Ether diéthylique bouillant
Ce^{4+}	pH 2	Acétate de butyle
Co^{2+}	CH_3COOH dilué	Acétate d'éthyle ou éther diéthylique
Cu^{2+}	HCl dilué (1:9)	Chloroforme
Fe^{3+}	H_2SO_4 ou HCl dilué (1:9)	Chloroforme, éther diéthylique, acétate d'éthyle
Ce^{IV}	Solution faiblement acide	Méthylisobutylcétone

Hg^{2+}	Solution neutre	Benzène, chloroforme
In^{3+}	Acide dilué	Idem
Mn^{2+}	Solution neutre	Oxyde d'éthyle
Mo^{VI}	HCl dilué (2:9)	Acétate d'éthyle, chloroforme
Nb^{V}	Solution acide	Chloroforme
Ni^{2+}	Solution neutre	Divers solvants organiques
Pa	Acide de 1 à 4 N	Benzène, éther diéthylique, chloroforme
Sb^{III}	H_2SO_4 dilué (1:9)	Chloroforme
Sn^{2+}	Acide 1,5 N	Benzène, chloroforme
	Violet cristallisé + + $TiCl_3$	Heptanone-4
Sn^{IV}	HCl dilué (1:9)	Acétate d'éthyle
Th^{IV}	HCl dilué (1:9)	Acétate d'éthyle, acétate de butyle
	pH 0,3 à 0,8	Benzène + alcool isoamylique
Ti^{IV}	HCl, dilué (1:9)	Chloroforme, acétate d'éthyle
	Tartrate d'ammonium à pH 5	Alcool isoamylique
U^{IV}	H_2SO_4 dilué (1:9)	Ether diéthylique
V^{V}	HCl ou H_2SO_4 dilué (1:9)	Acétate d'éthyle ou éther
W^{VI}	HCl dilué (1:9)	Acétate d'éthyle (extraction incomplète)
Zn^{2+}	Solution neutre	Ether diéthylique (extraction incomplète)
Zr^{IV}	H_2SO_4 dilué (1:9)	Acétate d'éthyle
	pH 0,3 à 1,0	Benzène + alcool isoamylique

Tableau 45 (suite)

D. Extraction de divers éléments sous forme d'oxyquinoléates

(Solution à 1 % d'oxyquinoléine dans le chloroforme)

Elément	Conditions optimales d'extraction	Extractif et conditions d'extraction
Al^{3+}	4,8 à 6,7 ; 8,2 à 11,5	—
Bi^{3+}	4,0 à 5,2	—
Ca^{2+}	13	Butylcellosolve + chloroforme
	11,5	Chloroforme ou, mieux, la solution 0,2 M de butylamine dans le chloroforme
Cd^{2+}	8	Extraction incomplète
Ce^{3+}	9,9 à 10,5	Présence de KCN est admissible
Co^{2+}	> 6,8	—
Cu^{2+}	2,8 à 14	On ajoute du tartrate si les valeurs du *p*H sont élevées
Er^{3+}	> 8,5	—
Fe^{3+}	1,9 à 12,5	On ajoute du tartrate si les valeurs du *p*H sont élevées
Ga^{3+}	3,0 à 6,2	—
In^{3+}	> 3,0	—
Mg^{2+}	10 à 10,2	Butylcellosolve + chloroforme
	10,5 à 13,6	Solution 0,2 M du butylamine dans le chloroforme
Mn^{2+}	12,5	En présence de tartrate et de l'hexacyanoferrate (II)
Mo^{VI}	1,6	*Idem* et en présence de l'éthylènediaminetétracétate
Nb^{V}	NH_4OH, 1 N	Milieu citrique
Nd^{3+}	> 8,5	—
Ni^{2+}	4,5 à 9,5	—
Pa^{+}	$(NH_4)_2CO_3$ solution saturée	Extraction incomplète
Pb^{2+}	8,4 à 12,3	—
Pd^{2+}	HCl dilué	

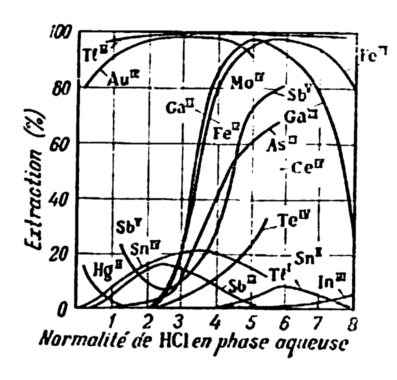
Pu^{IV}	4 à 8	Acétate d'amyle
Ru^{III}	Milieu acétique	—
Sc^{3+}	9,7 à 10,5	Benzène
Sn^{IV}	2,5 à 5,5	—
Sr^{2+}	11,3	Solution d'oxyquinoléine dans le chloroforme 1 M
Th^{IV}	4,9	Chloroforme ou méthylisobuthylcétone
Ti^{IV}	3,8 à 5,0	En présence de l'eau oxygénée
	8 à 9	En présence de l'éthylènediaminetétracétate
Tl^{3+}	6,5 à 7,0	de 85 à 89 % d'extraction
U^{VI}	4,7 à 8,0	—
	8,8	En présence de l'éthylènediaminetétracétate
V^{V}	3,3 à 4,5	—
	5,0	En presence du complexe éthylènediaminetétracétate + ions calcium
W^{VI}	2,4	En présence de l'éthylènediaminetétracétate
Zn^{2+}	4,6 à 13,4 Tampon acétique	Extraction incomplète

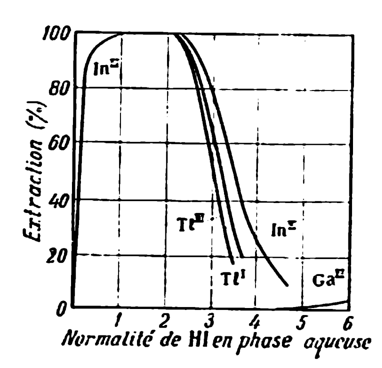
Action des réactifs dissimulants dans l'extraction sous forme d'oxyquinoléates

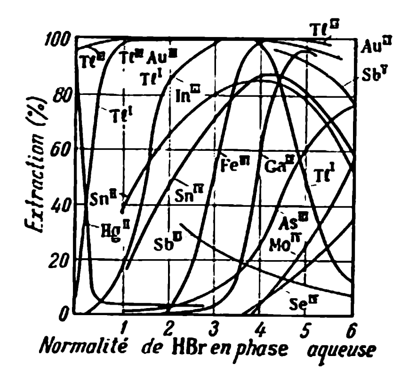
Conditions d'extraction	Eléments réagissant sur la 8-oxyquinoléine
En présence de l'éthylènediaminetétracétate à pH 8 et plus sont dissimulés Al^{3+}, Co^{2+}, Fe^{3+}, Mn^{2+} et N^{2+}	
Pour pH 7,9 à 9,0	Ti
Pour pH 2,5 à 9,0	Cu

Tableau 45 (suite)

E. Extraction de divers éléments à partir des acides chlorhydrique, bromhydrique, iodhydrique et nitrique par le volume égal d'éther éthylique







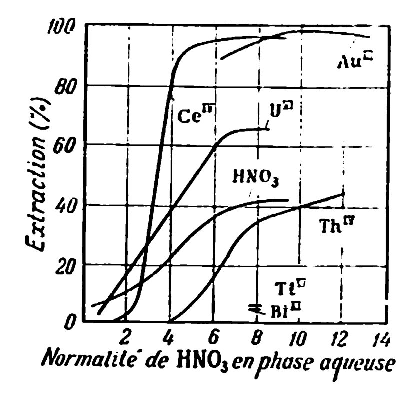


Tableau 46

Séparation des composés organiques

A. Classification des composés individuels d'après leur comportement vis-à-vis de certains réactifs

Une prise d'essai de composé à étudier est traitée successivement par les réactifs suivants : a) l'eau distillée ; b) l'éther diéthylique ; c) l'acide chlorhydrique 1,2 N ; d) la solution de bicarbonate de sodium 1,5 N ; e) la solution de soude 2,5 N ; f) l'acide sulfurique concentré ; g) l'acide phosphorique à 85 %.

On traite par ces réactifs des portions isolées de prise d'essai dans un ordre indiqué. La prise d'essai est considérée comme soluble dans tel ou tel réactif si elle est dissoute lors du sécouage pendant 2 mn à la température ambiante dans une quantité de réactif 30 fois dépassant la prise d'essai en masse.

Tableau 46 (suite)

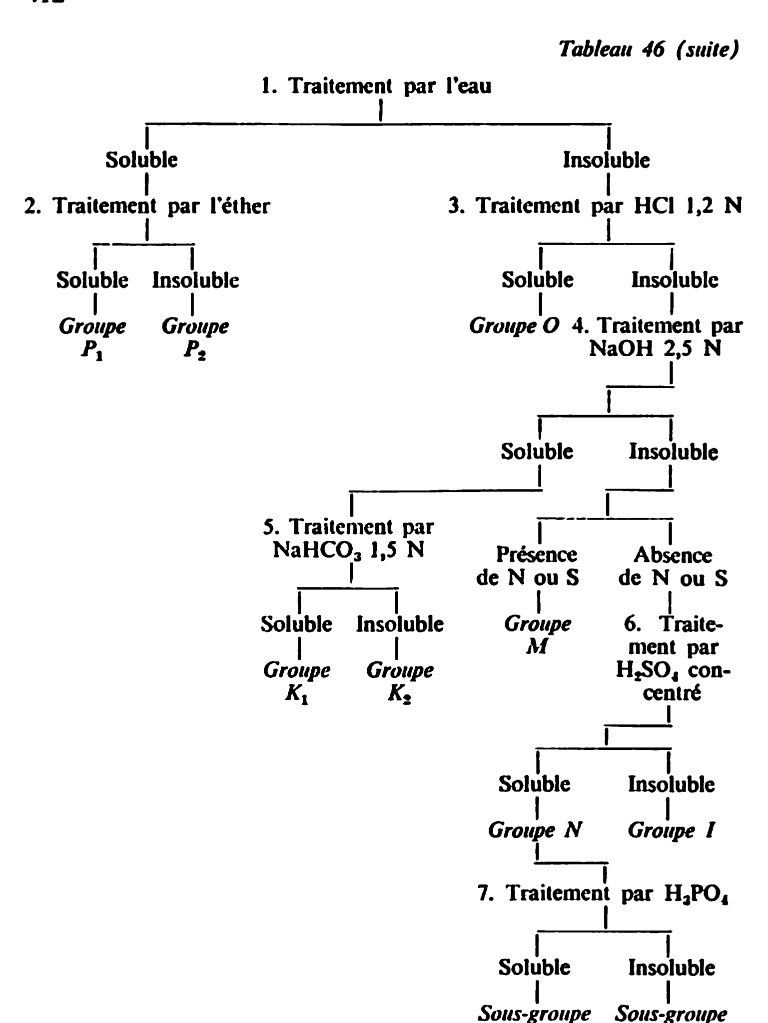


Tableau 46 (suite)

B. Constitution des groupes

(Les composés les plus importants sont mis en italique)

Groupe P_1

De préférence, les composés monofonctionnels renfermant dans leur molécule cinq ou moins atomes de carbone.

1. Seuls C, H et O sont présents
Alcool
Aldéhydes et cétones
Acides carboxyliques
Acétals
Anhydrides
Ethers et esters
Certains glycols
Lactones
Phénols (partiellement)
2. N est présent
Amides
Amines
Amines hétérocycliques
Nitriles
Nitroparaffines
Oximes
3. Halogène est présent
Composés halogénés du sous-groupe I
4. S est présent
Composés sulfurés hydroxyhétérocycliques
Mercapto-acides
Thio-acides
5. N et halogènes sont présents
Amines, amides, nitriles halogénés
6. N et S sont présents
Composés aminés hétérocycliques

Groupe P_2

Composés à la masse moléculaire modérée renfermant deux ou plus de groupes polaires (à l'exception des acides sulfonés et sulfiniques qui font partie du groupe P_2 possédant un seul groupe polaire dans la molécule)

1. Seuls C, H ou O sont présents
Di et polyacides
Acides-alcools
Polyalcools
Polyphénols
Glucides simples
2. Métaux sont présents
Sels des acides et des phénols
Divers organo-métalliques
3. N est présent
Sels des amines et des acides organiques
Acides aminés
Sels ammoniacaux
Amides
Amines
Alcools aminés
Semi-carbazide
Semi-carbazone
Urée
4. Halogènes sont présents
Acides halogénés
Halogénures d'acides (par suite d'hydrolyse)
Alcools halogénés, aldéhydes halogénés, etc.
5. S est présent
Acides sulfonés
Acides alcoylsulfonés
Acides sulfiniques

Tableau 46 (suite)

6. N et halogène sont présents
Sels des amines et des acides halogénés
7. N et S sont présents
Acides diaminosulfiniques
Hydrosulfates des bases faibles
Acides cyanosulfonés
Acides nitrosulfonés

Groupe O. Bases

Les di et triarylamines et les carbazols sont compris dans le groupe M. Le groupe O, en plus des composés cités ci-après, comprend un nombre peu important de composés oxygénés formant des sels d'oxonium lors du traitement par HCl.

Amines (amines possédant des composants négatifs suffisamment forts sont comprises dans le groupe M)
Acides aminés
Composés amphotères (phénols aminés, thio-phénols aminés, sulfamides aminés)
Hydrazines arylées
N-Dialcoylamides

Groupe A_1. Acides forts

1. Seuls C, H et O sont présents
Acides (généralement le nombre d'atomes de carbone dans la molécule est inférieur à 10)
2. N est présent
Acides aminés
Acides nitrés
Cyanoacides
Acides azotiques et carboxyliques hétérocycliques
Polynitrophénols
3. S est présent
Acides sulfonés
Acides sulfiniques
4. Halogène est présent
Acides halogénés
Phénols polyhalogénés
5. N et S sont présents
Acides aminosulfonés
Nitrothio-phénols
Sulfates des bases faibles
6. S et halogènes sont présents
Sulfohalogénures

Groupe A_2. Acides faibles

1. Seuls C, H et O sont présents
Acides (macromoléculaires)
Anhydrides
Phénols (y compris les esters des acides-phénols)
Enols
2. N est présent
Nitrophénols
Amides (y compris N-monoalcoylamides)
Phénols aminés
Composés amphotères
Cyanophénols
Imides
Amines aromatiques N-monoalcoylées
Hydroxylamines N-substituées
Acides aminés
Oximes

Tableau 46 (suite)

Nitroparaffines primaires et secondaires
Hydrocarbures aromatiques trinitrés
Uréides
3. Halogènes sont présents
Phénols halogénés
4. S est présent
Mercaptans
Thio-phénols
5. N et halogènes sont présents
Hydrocarbures aromatiques polynitrohalogénés
Phénols substitués
6. N et S sont présents
Sulfonamides aminés
Acides aminosulfonés
Thio-phénols aminés
Thio-amides

Groupe M

Composés neutres renfermant l'azote ou le soufre. Seuls certains sont entraînés à la vapeur d'eau

(Les classes les plus connues sont énumérées)

1. N est présent
Anilides et toluides
Amides
Arylamines nitrées
Hydrocarbures nitrés
Phénols aminés
Composés azo, hydrazo et azoxy
Di et triarylamines
Dinitrophényl-hydrazines
Nitrates
Nitrites
2. S est présent
Mercaptans
Sulfoamides N-dialcoylés
Sulfates, sulfonates
Sulfures, disulfures
Sulfones
Thio-éthers
Dérivés de la thio-urée
3. N et S sont présents
Sulfamides
4. N et halogène sont présents
Amines, acides, nitriles halogénés

Groupe N

Composés neutres ne renfermant pas d'azote et de soufre. Sont entraînés à la vapeur d'eau. Dans le sous-groupe N_1 sont compris les composés ne renfermant pas plus de 7 à 8 atomes de carbone dans la molécule ; le sous-groupe N_2 comprend les autres composés de ce groupe.

Alcools
Aldéhydes et cétones
Esters
Ethers
Anhydrides
Lactones
Hydrocarbures non saturés (hydrocarbures acycliques non saturés et hydrocarbures cycliques non saturés qui sont aisément sulfurés)
Acétals
Polyoses (se carbonisent en H_2SO_4 concentré)

Tableau 46 (suite)

Groupe I. Composés inertes

Hydrocarbures (y compris la plupart d'hydrocarbures cycliques et tous les hydrocarbures acycliques saturés)

Dérivés halogénés

Ethers de diaryle

C. Divers composés organiques classés par les groupes principaux

Composé	Groupe
Acides	
n-Butyrique	P_1
Chloracétique	P_1
α-Chloro-propionique	P_1
Crotonique	P_1
Isovalérique	P_1-K_1
Valérique	K_1
Alcools	
tert-Amylique	P_1
Benzylique	N_1
n-Butylique	P_1
Cyclopenthanol	N_1
Isoamylique	P_1-N_1
Isopropylméthyl-carbinol	P_1-N_1
Aldéhydes	
n-Butyrique	P_1-N_1
Isobutyrique	P_1
Isovalérique	N_1
Amides	
Acétamide	P_1-P_2
Acétanilide	M
Butyramide	P_1-M
Formamide	P_1-P_2
Formanilide	P_1-M
Isobutyramide	P_1-P_2
Propionamide	P_1-P_2
Ethers	
n-Butylique	N_2
Diéthylique	P_1-N_1
Diisopropylique	N_1
Ethylisopropylique	P_1-N_1
Ethylméthylique	P_1
Hydrocarbures aromatiques	
Cymène	I
Diphénylméthane	N_2-I
Naphtalène	I
Tétraméthyl-benzène-1,2,3,5 (Isodurène)	N_2
Triméthylbenzène-1,3,5 (Mésitylène)	N_2
Amines	
m-Xylène	N_2-I
o-Xylène	N_2-I
p-Xylène	N_2-I
n-Amylamine	P_1
Aniline	O

Tableau 46 (suite)

Composé	Groupe
Benzylamine	P_1
Di-*n*-butylamine	O
Di-*n*-propylamine	P_1-O
Isoamylamine	P_1
Pipéridine	P_1
Tri-*n*-propylamine	O
Esters	
Acétate de benzyle	N_1
Acétate de *n*-butyle	N_1
Acétate de *sec*-butyle	N_1
Acétate d'éthyle	P_1-N_1
Acétate d'isopropyle	P_1
Acétate de *n*-propyle	P_1-N_1
Benzoate d'éthyle	N_2
Caprylate d'éthyle	N_2
Carbonate de *n*-butyle	N_1-N_2
Carbonate d'éthyle	P_1-N_1
Carbonate de méthyle	P_1-N_1
Formiate de *n-butyle*	P_1-N_1
Formiate de *n*-propyle	P_1
Isobutyrate de méthyle	P_1-N_1
Isovalérate de méthyle	N_1
Malonate d'éthyle	N_2
Malonate de méthyle	P_1-N_1
Oxalate de *n*-butyle	N_2
Oxalate d'éthyle	P_1-N_1
Phtalate d'éthyle	N_1
Propionate de méthyle	P_1
Succinate d'éthyle	N_1
Nitriles	
n-Butyronitrile	M
Isobutyronitrile	P_1-M
Propionitrile	P_1
Cétones	
Acétophénone	N_1
Benzophénone	N_2
Benzylcétone	N_2
Cyclohexanone	P_1-N_1
Cyclopentanone	P_1
Di-*n*-butylcétone	N_1-N_2
Ethylméthylcétone	P_1
Isopropylméthylcétone	P_1
Méthyl-*n*-propylcétone	P_1-N_1
Pinacoline	P_1-N_1
Succinonitrile	P_1-P_2-M
Triméthylènecyanure	P_2-M
Dérivés nitrés	
Nitrobenzène	M
Nitroéthane	K_2
Nitrométhane	P_1-K_2
Phénols	
Chlorohydroquinone	P_1-K_2
Fluoroglycine	P_2-K_2
Hydroquinone	P_1
Phénol	P_1-K_2

Tableau 46 (suite)

D. Composés répandus dont la position dans les groupes est difficile de prévoir

Composé	Groupe	Composé	Groupe
Acétal	P_1-N_1	Acide benzylmalonique	P_1-K_1
Acétamide	P_1-N_2	Acide α-bromopropionique	P_1-K_1
Acétate d'allyle	P_1-N_1	Acide *n*-butyrique	P_1
Acétate de *n*-butyle	N_1	Acide citrique	P_2
Acétate de *sec*-butyle	N_1	Acide α-chloropropionique	P_1
Acétate de β-chloroéthyle	N_1	Acide cyanacétique	P_1
Acétate d'éthyle	P_1-N_1	Acide α,β-dibromopropionique	P_1-K_1
Acétate de cyclohexyle	N_2	Acide diéthylbarbiturique	K_2
Acétate de *n*-propyle	P_1-N_1	Acide fumarique	K_1
Acéto-acétate d'éthyle	P_1	Acide glutarique	P_2
Acéto-acétate de méthyle	P_1	Acide lactique	P_2
Acétoxime	P_1	Acide maléique	P_1-P_2
Acétophénone	N_1	Acide malonique	P_1
Acétylpipéridine	P_1	Acide mandélique	P_1
Acide adipique	K_1	Acide phénoxyacétique	P_1-K_1
Acide *o*-amino-*p*-valérique	K_2(O)	Acide phtalique	K_1
Acide α-aminoisobutyrique	P_2	Acide picrique	K_1
Acide anthranilique	K_1(O)	Acide pimélique	P_1-K_1
Acide azélaïque	K_1	Acide sébacique	K_1
Acide barbiturique	K_1	Acide sulfanilique	K_1
Acide benzènesulfinique	P_1-K_1	Acide *n*-valérique	K_1
Acide benzènesulfoné	P_2	Alcool allylique	P_1
		Alcool β-aminoéthylique	P_2
		Alcool *n*-amylique	N_1
		Alcool *sec*-amylique	P_1-N_1
		Alcool *tert*-amylique	P_1

Tableau 46 (suite)

Composé	Groupe	Composé	Groupe
Alcool benzylique	N_1	Carbonate de *n*-butyle	N_1-N_2
Alcool *n*-butylique	P_1	Carbonate d'éthyle	P_1-N_1
Alcool diacétonique	P_1	Carbonate de méthyle	P_1-N_1
Alcool furfurylique	P_1	Chloroacétate de méthyle	P_1-N_1
Alcool *o*-hydroxybenzylique	P_1-K_1	Chloral	P_1
Alcool isoamylique	P_1-N_1	Chlorohydroquinone	P_1-K_2
Aldéhyde isobutyrique	P_1	Chlorure de *n*-butyryle	P_1-N_1
Aldéhyde isovalérique	N_1	Chlorure d'isobutyryle	P_1
Aldéhyde protocatéchique	P_1-K_2	Chlorure d'isovaléryle	P_1-N_1
Aldéhyde *n*-valérique	N_1	Chlorure de propionyle	P_1
m-Aminophénol	P_1-P_2-K_2	Citrate de méthyle	P_1-N_1
o-Aminophénol	P_1-P_2-K_2	Cyanure de triméthylène	P_2-M
p-Aminophénol	K_2	Cyclohexanol	N_1
n-Amylamine	P_1	Cyclohexanone	P_1-N-
Anhydride phtalique	N_2	Cyclohexylamine	P_1
Aniline	O	Cymène	I
Benzidine	O	Dibenzoylméthane	N_2
Benzoate d'éthyle	N_2	Dichloro-2,5-hydroquinone	K_2
Benzoylacétone	N_2	Dichloro-2,6-nitro-4-aniline	M
Benzoylcarbinol	P_1	Diéthylamine	P_1
Benzylamine	P_1	Diéthylcétone	P_1-N_1
Biuret	P_2-M	Diméthylacétal	P_1-N_1
Bromal	P_1	Dinitro-2,4-aniline	O-M
n-Butanal	P_1-N_1	Dioxane	P_1
n-Butyramide	P_1	Di-*n*-propylamine	P_1-O
n-Butyrate de méthyle	P_1-N_1	Diphénylméthane	N_2-I
n-Butyronitrile	M		
Camphre	N_2		

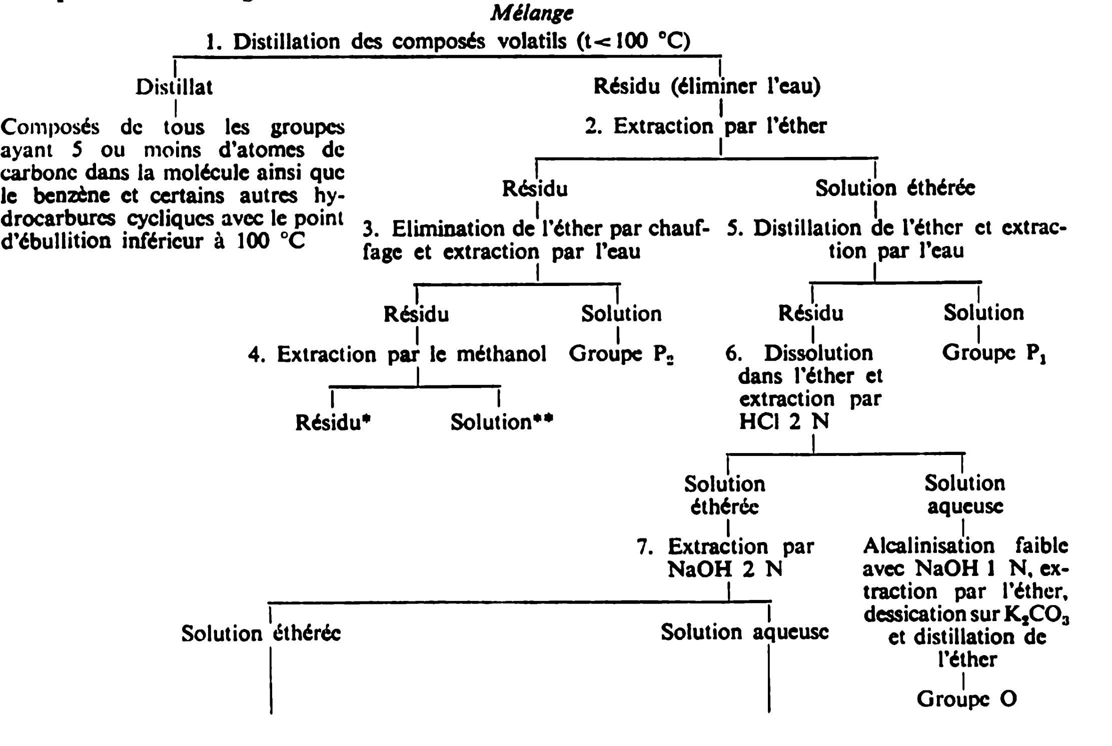
Tableau 46 (suite)

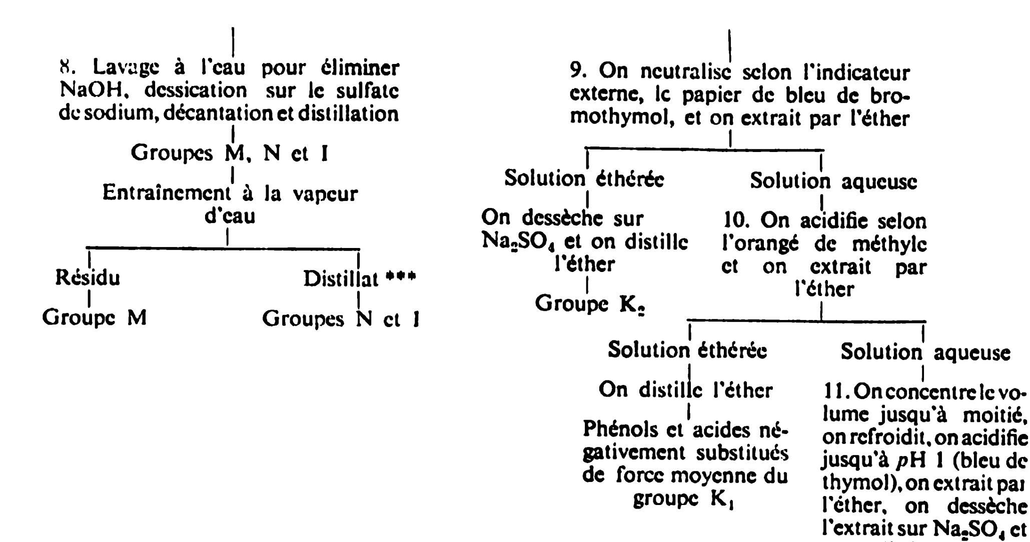
Composé	Groupe
Durène (tétraméthyle-1,2,4,5-benzène)	N_2
Ether *n*-butylique	P_1
Ether αα-dichlorométhylique	P_1
Ether β-diéthyleaminoéthylique	P_1
Ether diéthylique	P_1-N_1
Ether éthylméthylique	P_1
Ethylènediamine	P_2
Ethylal	P_1-N_1
Ethylèneglycol	P_2
Ethylmercaptan	P_1-M
Ethylméthylcétone	P_1
Fluoroglucine	P_2-K_2
Formamide	P_1-P_2
Formanilide	P_1-M
Formiate de *n*-butyle	P_1-N_1
o-Formiate d'éthyle	P_1-N_1
Formiate d'isobutyle	P_1
o-Formiate de méthyle	P_1-N_1
Formiate de *n*-propyle	P_1
Glycérine	P_2
Glycine	P_2
Guanidine	P_2
Hydroquinone	P_1
n-Hydroxybenzaldéhyde	K_2-N_1
Indène	N_2
Indol	M
Isoamylamine	P_1
Isobutyramide	P_1
Isobutyrate de méthyle	P_1-N_1
Isobutyronitrile	P_1-M
Isodurène (tétraméthyle-1,2,3,5-benzène)	N_2
Isopropylacétate	P_1
Isopropyleméthylcétone	P_1
Isovalérate de méthyle	N_1
Lactate d'éthyle	P_1-N_1
Lévulinate de méthyle	P_1-N_1
Malonate d'éthyle	N_2
Malonate de méthyle	P_1-N_1
Mésitylène	N_2
Méthylal	P_1-N_1
N-Méthylbenzylamine	O
N-Méthylacétanilide	O-M
Méthyl-*n*-propylcarbinol	N_1
Méthyl-*n*-propylcétone	P_1-N_1
Nitrate d'éthyle	P_1-M
Nitrate de méthyle	P_1-M
m-Nitroaniline	O
o-Nitroaniline	O-M
p-Nitroaniline	O
Nitroguanidine	K_2-M
Nitrométhane	P_1-K_2
n-Nitrosodiphénylamine	K_2-M
Nitro-urée	K_2-M

Tableau 46 (suite)

Composé	Groupe	Composé	Groupe
Oxamide	M	Résorcine	P_1
Oxalate de *n*-butyle	N_2	Salicylate de benzyle	K_2
Oxalate d'éthyle	P_1-N_1	Salicylate d'éthyle	K_2
Oxyde de mésityle	N_1	Succinate d'éthyle	N_1
Paraldéhyde	P_1-N_1	Succinimide	P_1-P_2
Phénol	P_1-K_2	Succinitrile	P_1-P_2-M
m-Phénylène-diamine	P_1-P_2	Sulfure de carbone	M
o-Phénylène-diamine	P_1-P_2	Triacétine (triacétate de glycérine)	P_1-N_1
p-Phénylène-diamine	P_2	Tribromo-2,4,6-aniline	M
Phénylhydrazine	O	Tribromo-2,4,6-phénol	K_1
Phtalate d'éthyle	N_1	Trichloro-2,4,6-aniline	O-M
Phtalimide	K_2	Trichloro-2,4,6-phénol	K_1
Pinacone	P_1	Triméthylèneglycol	P_2
Pipéridine	P_1	Tri-*n*-propylamine	O
Polyoxyméthylène	P_2-N_2	α-Triphénylguanidine	O-M
Propionamide	P_1-P_2	Urée	P_2
Propionate de méthyle	P_1	Vanillal	K_1
Propionitrile	P_1	Xylènes	N_2-I
Propylèneglycol	P_1		
Pyridine	P_1		
Pyrocathéchol	P_1		
Pyrrole	M		

E. Séparation des mélanges





* Ce résidu peut contenir : nombreux dérivés nitrés des hydrocarbures aromatiques et leurs dérivés amino, hydroxy et acides, nombreux dérivés trinitrés de types indiqués ci-dessus, certains dérivés dihalogénés d'anthracène, certains dérivés aminés des acides sulfonés, quelques amides et imides, des benzyle et benzoyle-urées, certains dérivés d'anthraquinone.

** Dans cette solution peuvent se trouver : certains acides dibromo et dinitrobenzoïques, quelques autres acides aromatiques, certains polyhydroxy et polyaminoquinones et quinoléines, quelques aminophénols, amides et anilides, très peu d'amines.

*** Pour isoler le groupe I, on peut utiliser l'inactivité des composés de ce groupe en effectuant l'oxydation des composés du groupe N, la fixation des aldéhydes et des cétones par une solution saturée de $NaHSO_4$, etc. On peut identifier le groupe I dans une partie de prise d'essai à l'aide de H_2SO_4 concentré.

Tableau 47

Substances utilisées pour la dessication

A. Dessication des gaz

Substance	Caractéristique	Quantité de vapeur d'eau (mg) restante dans 1 l de gaz en faisant barboter celui-ci au débit de 1-5 l par heure; température de 30,5 °C
$CuSO_4$	Anhydre	2,8
$CaCl_2$	Granuleux, composition moyenne $CaCl_2 \cdot H_2O$	1,5
$CaCl_2$	Technique anhydre, composition moyenne $CaCl_2 \cdot 1/4H_2O$	1,25
$ZnCl_2$	En bâtonnets	0,98
$Ba(ClO_4)_2$	Anhydre	0,82
NaOH	En bâtonnets	0,80
$CaCl_2$	Anhydre	0,36
$Mg(ClO_4)_2 \times 3H_2O$	—	0,031
KOH	En bâtonnets	0,014
Silicagel	—	0,006
$CaSO_4$	Anhydre	0,005
CaO	—	0,003
H_2SO_4	à 100 %	0,003
$Mg(ClO_4)_2$	Anhydre	0,002
Al_2O_3	—	0,001
BaO	—	0,0007
P_2O_5	—	0,00003

Tableau 47 (suite)

B. Dessication des liquides

Liquide	Desséchants
Acides	Na_2SO_4
Alcools	K_2CO_3, $CuSO_4$, CaO, Na_2SO_4 (mais pas $CaCl_2$, CaC_2)
Aldéhydes	$CaCl_2$, $Mg(ClO_4)_2$
Amines	NaOH, KOH, K_2CO_3 (mais pas $CaCl_2$)
Bases	KOH, K_2CO_3, BaO
Cétones	K_2CO_3, $CaCl_2$, $Mg(ClO_4)_2$ (pour cétones supérieures)
Dérivés halogénés	$CaCl_2$, $Mg(ClO_4)_2$ (mais pas Na)
Dérivés nitrés	$CaCl_2$, Na_2SO_4, $Mg(ClO_4)_2$
Esters	Na_2SO_4, $CaCl_2$, $Mg(ClO_4)_2$
Ethers	$CaCl_2$, Na, CaC_2, K_2CO_3, $Mg(ClO_4)_2$
Hydrazines	K_2CO_3
Hydrocarbures	$CaCl_2$, Na, CaC_2, $Mg(ClO_4)_2$
Nitriles	K_2CO_3
Phénols	Na_2SO_4
Sulfure de carbone	$CaCl_2$, $Mg(ClO_4)_2$

Tableau 48

Préparation des hydrostats

Pression relative de vapeur d'eau au-dessus des mélanges de sels solides avec leurs solutions aqueuses saturées, des mélanges de sels anhydres avec leurs hydrates et au-dessus des mélanges de deux divers hydrates (la pression de vapeur d'eau à une température donnée est admise égale à l'unité).

Mélange	Température (°C)				
	10	15	20	25	30
	Pression relative de vapeur d'eau				
P_2O_5	—	—	< 0,01	—	—
KOH	—	—	0,05	—	—
NaOH	—	—	0,06	—	—
$CaBr_2 \cdot 6H_2O$	0,23	0,21	0,19	0,17	0,15
$CaCl_2 \cdot 6H_2O$	0,38	0,35	0,32	0,29	0,26
$K_2CO_3 \cdot 2H_2O$	—	—	0,44	0,45	—
$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
$NaBr \cdot 2H_2O$	0,63	0,61	0,59	0,57	0,55
NH_4NO_3	0,69	0,66	0,63	0,60	0,57
NaCl	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
$NaNO_3$	0,77	0,76	0,75	0,74	0,73
KCl	—	—	0,86	0,85	0,85
$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	—	0,95	0,90	0,85	0,78
$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$	—	—	0,91	0,89	0,87
KNO_3	—	—	0,95	0,94	0,94
$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	—	—	0,99	—	—
$MgCl_2 + MgCl_2 \cdot 2H_2O$	—	—	0,0005	—	—
$KOH + KOH \cdot H_2O$	—	—	—	—	0,02
$CaCl_2 + CaCl_2 \cdot H_2O$	—	—	0,15	—	—
$Na_2SO_4 + Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	0,69	0,72	0,76	0,80	—
$NaOH + NaOH \cdot H_2O$	—	—	0,03	—	—
$K_2CO_3 + K_2CO_3 \cdot 2H_2O$	—	—	—	0,05	—
$NaI + NaI \cdot 2H_2O$	—	0,12	0,13	0,14	0,15
$Na_2CO_3 + Na_2CO_3 \cdot H_2O$	—	—	—	0,20	—
$Na_2B_4O_7 + Na_2B_4O_7 \cdot 5H_2O$	—	—	0,25	—	—
$Na_2HPO_4 + Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$	—	0,27	0,28	0,29	—
$NaBr + NaBr \cdot 2H_2O$	0,30	0,32	0,34	0,36	0,38

Tableau 48 (suite)

Mélange	Température (°C)				
	10	15	20	25	30
	Pression relative de vapeur d'eau				
$CaCl_2 \cdot H_2O + CaCl_2 \cdot 2H_2O$	—	0,05	—	—	—
$CaCl_2 \cdot 2H_2O + CaCl_2 \cdot 6H_2O$	0,21	0,21	0,22	0,22	0,23
$Na_2B_4O_7 \cdot 5H_2O + Na_2B_4O_7 \times$ $\times 10H_2O$	—	—	0,39	—	—
$Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O + Na_2HPO_4 \times$ $\times 7H_2O$	0,50	0,53	0,56	0,59	0,62
$Na_2CO_3 \cdot H_2O + Na_2CO_3 \times$ $\times 10H_2O$	0,66	0,69	0,72	0,76	—
$Na_2HPO_4 \cdot 7H_2O +$ $+ Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$	0,65	0,70	0,75	0,81	—

Tableau 49

Réactifs organiques les plus importants

Dans les dosages gravi et volumétrique on indique dans la colonne «Eléments de métal

A. Réactifs mis dans l'ordre alphabétique

n°	Réactif	Synonymes du nom
1	Acide anthranilique COOH NH_2	Acide *o*-amino-benzoïque
2	Acide carminique H_3C O OH $CO—(CHOH)_4—CH_3$ HO OH HOOC O OH	—
3	Acide chromotropique, sel disodique HO OH NaO_3S SO_3Na	Acide dihydroxy-1,8-naphtalène-disulfoné-3,6 sel disodique
4	Acide dichloro-2,7-chromotropique HO OH Cl Cl $\cdot 2H_2O$ NaO_3S SO_3Na	Acide dihydroxy-1,8-dichloro-2,7-naphtalène-disulfoné-3,6, sel disodique

à doser » entre parenthèses le nombre de molécules de réactif lié à un atome

Masse moléculaire		Eléments à doser	Méthode
M	lg *M*		
137,14	13 716	Cd^{2+}, Co^{2+}, Cu^{2+}, Hg^{2+}, Mn^{2+}, Ni^{2+}, Pb^{2+}, Zn^{2+} (sous forme de MeR_2)	Gravimétrique
492,40	69 232	B^{III}	Photométrique
364,27	56 142	Ti^{IV}, Cr^{VI}	Photométrique
469,18	67 134	Ti^{IV}	Photométrique

n°	Réactif	Synonymes du nom
5	Acide phénylarsonique $C_6H_5-AsO(OH)_2$	—
6	Acide picrolanique $O_2N-C_6H_4-N<(CO-CH-NO_2)(N=C-CH_3)$	Nitro-4-méthyl-3-(*p*-nitrophényl)-pyrazolone-5
7	Acide quinaldinique $C_9H_6N-COOH \cdot 2H_2O$	Acide α-quinoleine-carboxylique
8	Acide rubéanique $HN=C(SH)-C(SH)=NH$	Dithioxamide
9	Acide salicylique $C_6H_4(OH)COOH$	Acide *o*-hydroxybenzoïque
10	Acide thioglycolique $HSCH_2COOH$	—

Tableau 49 (suite)

Masse moléculaire		Eléments à doser	Méthode
M	lg M		
202,03	30 542	Nb^{V}, Ta^{V}, Zr^{IV}, Bi^{3+}, Hf^{IV}, Sn^{IV}, Th^{IV} (on fait calciner le précipité jusqu'à l'oxyde)	Gravimétrique
264,21	42 195	Pb^{2+}, Ca^{2+}, Sr^{2+}, Mg^{2+}, Th^{IV} (sous forme de MeR_n, où n est la valence du métal) Ca^{2+}	Gravimétrique Photométrique
210,21	32 265	Cu^{2+}, Pb^{2+}, Ag^{+}, Mn^{2+}, Ni^{2+}, Co^{2+}, Fe^{2+}, Cd^{2+}, Zn^{2+}, UO_2^{2+} (sous forme de MeR_n, où n est la valence du métal)	Gravimétrique
120,20	07 990	Cu^{2+}, Co^{2+}, Ru^{IV}, Pd^{2+}, Ag^{+}	Photométrique
138,13	14 029	Fe^{3+}, Cu^{2+}	Photométrique
92,120	96 435	Fe^{2+}, W^{VI}, Sn^{2+} (on ajoute le réactif dans le cas, où l'on dose l'étain avec le dithiol	Photométrique

n°	Réactif	Synonymes du nom
11	**Albéron**	Acide dichlorosulfodiméthylhydroxyfuxonedicarboxylique, chromoxan bleu pur BLD
12	**Alizarine**	Dihydroxy-1,2-anthraquinone
13	**Aluminon**	Sel ammoniacal d'acide aurinetricarboxylique

Tableau 49 (suite)

Masse moléculaire		Eléments à doser	Méthode
M	lg *M*		
539,35	73 188	Be^{2+}, Al^{3+}	Photométrique
240,22	38 061	Al^{3+}, Zr^{IV}, Th^{IV}, F^-	Photométrique
473,45	67 528	Al^{3+}, F^-, Be^{2+}	Photométrique

n°	Réactif	Synonymes du nom
14	Arsazène —N=N—⟨⟩—NH—N=N— → AsO_3H_2 ; —⟨⟩—NO_2	Acide diazo-amino-1″,4-azo-benzène-1,1′-nitrobenzène-4″-arsonique-2″
15	Arsénazo I $AsO(OH)_2$; OH OH ; N=N ; NaO_3S ; SO_3Na	Acide benzène-2′-arsonique (1′-azo-2)-acide dihydroxy-1,8-naphtalène-sulfoné-3,6, sel disodique, uranon
16	Arsénazo III $(HO)_2OAs$; $AsO(OH)_2$; N=N ; HO OH ; N=N ; HO_3S ; SO_3H	Acide benzène-2′-arsonique (1′-azo-7)-acide arsonique (1″-azo-7)-acide dihydroxy-1,8-naphtalène-disulfoné-3,6

* T. R. signifie les terres rares.

Tableau 49 (suite)

Masse moléculaire		Eléments à doser	Méthode
M	lg *M*		
470 28	—	Pb^{2+}, Zn^{2+}	Photométrique
592,30	77 254	Al^{3+}, Be^{2+}, Ce^{IV}, In^{3+}, Nb^{V}, T. R. *, Ta^{V}, Th^{IV}, Ti^{IV}, UO_2^{2+}, V^{IV}, Zr^{IV}	Photométrique
776,38	89 008	Ce^{IV}, Hf^{IV}, Np^{IV}, Pa^{V}, Pu^{IV}, T. R. *, Th^{IV}, U^{IV}, UO_2^{2+}, Zr^{IV}	Photométrique

nº	Réactif	Synonymes du nom
17	Azo-azoxy BN	[Hydroxy-2″-naphtalène-(1″-azo-2′)-phénylazoxy]-2-méthyle-4-phénol
18	Bathophénanthroline	Diphényl-4,7-phénanthroline-1,10
19	α-Benziledioxime	α-Diphényl-dioxime, nickelon
20	α-Benzoïnoxime	Cupron

Tableau 49 (suite)

Masse moléculaire		Eléments à doser	Méthode
M	lg M		
398,43	60 035	Ca^{2+}	Photométrique
350,44	54 461	Fe^{2+}	Photométrique
240,27	38 070	Ni^{2+} (sous forme de MeR_2)	Gravimétrique
227,27	35 654	Cu^{2+} (sous forme de MeR_2)	Gravimétrique

n°	Réactif	Synonymes du nom
21	**Béryllon II**	Disulfo-3,6-naphtoldihydroxy-1′,8′-(8-azo-7′)-disulfo-3′,6′-naphtalène, sel tétrasodique
22	**Bi-2,2′-cinchoninate de potassium**	—
23	**Bis-salicylaléthylènediamine**	—
24	**Bromobenzothiazo**	—

Tableau 49 (suite)

Masse moléculaire		Eléments à doser	Méthode
M	lg M		
810,58	90 882	Be^{2+}	Photométrique
420,52	62 379	Cu^{+}	Photométrique
268,32	42 865	Mg^{2+}	Photométrique (lumin.)
372,25	57 083	Cd^{2+}	Photométrique

n°	Réactif	Synonymes du nom
25	Brucine $C_{23}H_{26}O_4N_2$	—
26	Cadion O_2N—⟨⟩—N=N—N—⟨⟩—N=N—⟨⟩ H	*p*-Nitrophényl-azoaminobenzène-*p*-azobenzène
27	Cadion S (hydrosoluble) SO_3Na O_2N—⟨⟩—N=N—N—⟨⟩—N=N— → H —⟨⟩—SO_3Na	—
28	Carboxy-arsénazo COOH HO OH $AsO(OH)_2$ ⟨⟩—N=N—⟨⟨⟩⟩—N=N—⟨⟩ NaO_3S SO_3Na	Acide phényl-2-carboxylique-dihydroxy-1′,8′-naphtalène-(1-azo-2′)-disulfoné-3′,6′, acide phényl-2″-(7′azo-1″)-arsonique, sel disodique
29	*p*-Carboxygallanilide HO HO—⟨⟩—C—N—⟨⟩—COOH HO O H	Acide trihydroxy-3,4,5-benzoylparaaminobenzoïque

Tableau 49 (suite)

Masse moléculaire		Eléments à doser	Méthode
M	lg *M*		
394,48	59 603	NO_3^-	Photométrique
346,35	53 952	Cd^{2+}	Photométrique
550,46	74 073	Cd^{2+}	Photométrique
740,30	86 941	Ba^{2+}, SO_4^{2-}	Volumétrique
289,25	46 126	Ti^{IV}	Photométrique

n°	Réactif	Synonymes du nom
30	Complexone III $HOOC{-}CH_2 \diagdown N{-}CH_2{-}CH_2{-}N \diagup CH_2{-}COONa$ $NaOOC{-}CH_2 \diagup \qquad\qquad\qquad\qquad \diagdown CH_2{-}COOH$	EDTA (éthylène-diaminetétra-cétate de sodium, trilon B, versènc-tétralon B_3, chélatone III)
31	Cupferron $C_6H_5{-}N \diagup NO \ \diagdown ONH_4$	Sel ammoniacal de N-phényl-nitroso-hydroxylamine
32	Curcumine $CH_2 \diagup CO{-}CH{=}CH{-}C_6H_3(OH)(OCH_3)$ $\diagdown CO{-}CH{=}CH{-}C_6H_3(OH)(OCH_3)$	Bis-(hydroxy-4-méthoxy-3-cynnomoyl)-méthane

*T. R. signifie les terres rares.

Tableau 49 (suite)

Masse moléculaire		Eléments à doser	Méthode
M	lg *M*		
336,22	52 663	Ca^{2+}, Mg^{2+}, Ni^{2+}, Cu^{2+}, Ag^{+}, Au^{3+}, Pd^{2+}, Co^{2+}, V^{IV}, Bi^{3+}, Ga^{3+}, In^{3+}, Sn^{2+}, T. R. *, Sc^{3+}, Sr^{2+}, Ti^{IV}, Th^{IV}, Cr^{3+}, Zr^{IV}, Mn^{2+}, Ba^{2+}, Zn^{2+}, Cd^{2+}, Pd^{2+}, Hg^{2+}, Tl^{3+}, Fe^{2+}, Al^{3+}, Fe^{3+} (sous forme de MeR)	Volumétrique
		Cr^{3+}, Co^{2+}, Mn^{2+}	Photométrique
155,16	12 078	Al^{3+}, Bi^{3+}, Cu^{2+}, Fe^{3+}, Ga^{3+}, Nb^{V}, Sn^{IV}, Ta^{V}, Ti^{IV}, Th^{IV}, V^{V}, Zr^{IV}, U^{IV} (sous forme de MeR_n, où *n* est la valence du métal, ou bien on fait calciner les précipités jusqu'aux oxydes)	Gravimétrique
368,39	56 631	B^{III}, Be^{2+}	Photométrique

n°	Réactif	Synonymes du nom
33	Cyclohexanedionedioxime-1,2	Nioxime
34	Datiscétine	Succédané de la morine. Substance principale — tétrahydroxy-3,5,7, 2′-flavone
35	Diallyldithiocarbamidohydrazine $C_3H_5NHCSNHNHCSNHC_3H_5$	—
36	Diamino-3,3′-benzidine	Tétra-amino-diphényle

Tableau 49 (suite)

Masse moléculaire		Eléments à doser	Méthode
M	lg *M*		
142,16	15 278	Ni^{2+}, Fe^{2+}, Pd^{2+}	Photométrique
286,25	45 675	Al^{3+}, Ga^{3+}, Zr^{IV}, Th^{IV}	Photométrique (lumin.)
230,36	36 241	Cu^{2+}, Pb^{2+}, Zn^{2+}, Ni^{2+}, Ag^{+}	Gravimétrique
214,28	33 098	Se^{IV}	Photométrique

n°	Réactif	Synonymes du nom
37	Diantipyrylméthane	—
38	Diéthyldithiocarbamate de sodium $(C_2H_5)_2N-C(=S)SNa \cdot 3\,H_2O$	—
39	*p*-Diméthylaminobenzylidène-rhodanine	—
40	*p*-Diméthylaminophénylfluoron	Diméthylfluoron, trihydroxy-2,6,7-(diméthyl-4″-aminophényl)-3-fluoron-3

Tableau 49 (suite)

Masse moléculaire		Eléments à doser	Méthode
M	lg M		
388,48	58 937	Cd^{2+}, Ti^{IV}, Fe^{3+}, Bi^{3+}, Co^{2+}	Gravimétrique
225,34	35 284	Cu^{2+}, UO_2^{2+}, Ni^{2+}	Photométrique
264,38	42 223	Ag^{+}, Au^{+}, Hg^{2+}, Pd^{2+}, Cu^{+} Ag^{+}, Pt^{IV}, CN^{-}	Photométrique Volumétrique
363,37	56 035	Ta^{V}	Photométrique

nº	Réactif	Synonymes du nom
41	**Diméthylglyoxime** $CH_3-C-C-CH_3$ $\Vert \quad \Vert$ $HO-N \quad N-OH$	Diacétyldioxime, réactif de Tchougaiev
42	**Diphénylcarbazide** $HN-NH-C-NH-NH$ $\Vert$ O	Diphényl-1,5-carbo-hydrazide
43	**Diphénylcarbazone** $HN-NH-C-N=N$ $\Vert$ O	—
44	**Dipicrylamine** $NO_2 \quad O_2N$ O_2N- $-NH-$ $-NO_2$ $NO_2 \quad O_2N$	Hexanitrodi-phénylamine
45	**Dipyridyle-2,2′** N N	α,α′-Dipyridyle

Tableau 49 (suite)

Masse moléculaire		Eléments à doser	Méthode
M	lg M		
116,12	06 491	Ni^{2+}, Pd^{2+} (sous forme de MeR_2) Fe^{2+}, Co^{2+}, Cu^{2+} (avec la pyridine)	Gravimétrique, volumétrique, photométrique Photométrique
242,29	98 433	Cr^{VI}, Hg^{2+}, Pb^{2+} (indirect.), (Cd^{2+})	Photométrique
240,27	38 070	Hg^{2+}, Ag^{+}	Photométrique
439,23	64 269	K^{+}, Rb^{+}, Cs^{+} (sous forme de MeR)	Gravimétrique, photométrique
156,19	19 365	Fe^{2+}	Photométrique

n°	Réactif	Synonymes du nom
46	Diquinolyle-2,2′	Diquinoléine-2,2′, cuproïne
47	Diquinolyle-8,8′-disulfure	—
48	Dithiol	Méthyl-1-dimercapto-3,4-benzène
49	Dithizone	Diphénylthiocarbazone
50	Eriochrome-cyanine R (voir *Tableau 28*, n° 51)	—

Tableau 49 (suite)

Masse moléculaire		Eléments à doser	Méthode
M	lg *M*		
256,30	40 875	Du^{+}, (Ti^{3+})	Photométrique
320,44	50 575	Cu^{+}	Photométrique
156,27	19 388	Sn^{2+}, W^{VI}, Mo^{VI}	Photométrique
256,34	40 882	Ag^{+}, Bi^{3+}, Cd^{2+}, Co^{2+}, Cu^{2+}, Hg^{2+}, Pb^{2+}, Zn^{2+}, Ni^{2+}, In^{3+}, Tl^{+}, Sn^{2+}	Photométrique
470,46	67 252	Al^{3+}, Be^{2+}, Zr^{IV}, F^{-}	Photométrique

n°	Réactif	Synonymes du nom
51	α-Furyldioxime $\cdot H_2O$	Néoniclon
52	Gallion $\cdot H_2O$	Acide hydroxy-2-chloro-3-nitro-5-benzène-hydroxy-1′-(1-azo-2′)-naphtylamino-8′-disulfoné-3′,6′
53	Gallocyanine	—
54	Jaune de titane	Bis-[méthyl-6-benzthiazol-(1,3)-4,4′]-diazo-aminobenzène-(2,2′)-disulfonate de sodium, mimosa, jaune thiazole

Tableau 49 (suite)

Masse moléculaire		Eléments à doser	Méthode
M	lg *M*		
238,21	37 696	Ni^{2+}, Pd^{2+} (sous forme de MeR_2), Pt^{IV}, Re^{VII}	Gravimétrique, photométrique
536,88	72 989	Ga^{3+}	Photométrique
300,27	47 751	Ga^{3+}, Hg^{2+}, Pb^{2+}	Volumétrique (complexométrique)
695,75	84 245	Mg^{2+}	Photométrique

n°	Réactif	Synonymes du nom
55	Lumogallion	Acide trihydroxy-2,2′,4′-chloro-5-benzène(1-azo-1′)-sulfoné-3
56	Lumomagnéson	Acide hydroxy-2-sulfo-3-chloro-5-benzène-azo-1-barbiturique
57	Magnéson ClS · H_2O	Naphtol-2-chloro-4′-phénol-(1-azo-2′)-sulfonate-6′ de sodium
58	Mercaptobenzothiazole	Captax

Tableau 49 (suite)

Masse moléculaire		Eléments à doser	Méthode
M	lg *M*		
344,74	53 749	Ga^{3+}	Photométrique (lumin.)
384,69	58 511	Mg^{2+}	Photométrique (lumin.)
418,79	62 201	Mg^{2+} ; Zn^{2+}	Photométrique
167,26	22 341	Ag^{+}, Au^{3+}, Bi^{3+}, Cd^{2+}, Cu^{2+}, Pb^{2+}, Tl^{3+}	Gravimétrique

n°	Réactif	Synonymes du nom
59	Mercaptophénylthio-thiodiazolone	Mercapto-5-phényl-3-thio-2-thio-1,3,4-diazolone, bismuthol II
60	Mercapto-8-quinoléine, sel sodique · 3 H_2O	Thio-oxine
61	Morine	Pentahydroxy-3,5,7,2′,4′-flavone
62	Murexide (voir *Tableau 28*, n° 26, p. 272)	—
63	β-Naphtoquinoléine	Benzo-5,6-quinoléine

Tableau 49 (suite)

Masse moléculaire		Eléments à doser	Méthode
M	lg M		
226,35	35 478	Bi^{3+}	Photométrique
237,25	37 521	Pd^{2+}, Cu^{2+}, Mo^{VI}, Re^{VII}, In^{3+}, Mn^{2+}, V^{IV}, Co^{2+}, Ru^{3+}, Os^{3+}, Tl^{+}	Photométrique
298,26	47 459	Al^{3+}, Ca^{3+}, Zr^{IV}, Th^{IV}, In^{3+}	Photométrique (lumin.)
302,21	48 031	Ca^{2+}, Sr^{2+}	Photométrique
179,22	25 339	Cd^{2+} (on fait calciner le précipité jusqu'à l'oxyde)	Gravimétrique

n°	Réactif	Synonymes du nom
64	Nitchromazo	Acide bis- [(nitro-4-sulfo-(2-azobenzène-1)-2,7]-dihydroxy-1,8-naphtalène-sulfoné-3,6
65	Nitron	Diphényl-1,4(endoanil-3,5)-dihydro-triazole-1,2,4
66	α-Nitróso-β-naphtol	Réactif d'Ilinski, nitroso-1-naphtol-2

Tableau 49 (suite)

Masse moléculaire		Eléments à doser	Méthode
M	lg M		
778,65	89 134	Ba^{2+}, SO_4^{2-}	Volumétrique
312,38	49 468	ReO_4^-, NO_3^-, ClO_3^-, ClO_4^- (sous forme de RAn, où An est un anion)	Gravimétrique
173,17	23 848	Co^{2+}, Fe^{2+}, Pd^{2+}, Cu^{2+} (sous forme de MeR_n, où n est la valence du métal, ou bien on fait calciner les précipités jusqu'aux oxydes)	Gravimétrique, photométrique

n°	Réactif	Synonymes du nom
67	*β*-Nitroso-*α*-naphtol	Nitroso-2-naphtol-1
68	8-Oxyquinoléine	*o*-Oxyquinoléine, oxine
69	Phénanthroline-1,10 · H_2O	—
70	Phénazo	Dinitro-3,3′-bis-4,4′-(hydroxy-4″-benzolazo)-biphényle

* Le thorium et l'uranium sont précipités sous forme de $ThR_4 \cdot HR$ et UO_2R_2 ; le niobium précipite à une composition indéterminée.

Tableau 49 (suite)

Masse moléculaire		Eléments à doser	Méthode
M	lg *M*		
173,17	23 848	Co^{2+}	Photométrique
145,16	16 185	Al^{3+}, Mg^{2+}, Zn^{2+}, Bi^{3+}, Cd^{2+}, Co^{2+}, Cu^{2+}, Ga^{3+}, In^{3+}, TiO^{2+}, Zr^{4+}, MoO_2^{2+}, Wo_2^{2+}, Mn^{2+}, Fe^{3+}, Ni^{2+}, $V_2O_3^{4+}$, Pb^{2+}, Pd^{2+}, Sb^{3+}, Cr^{3+} (sous forme de MeR_n, où *n* est la valence du métal) *	Gravimétrique, volumétrique, photométrique
198,23	29 714	Fe^{2+}	Photométrique
484,30	68 511	Mg^{2+}	Photométrique

n°	Réactif	Synonymes du nom
71	Phénylfluoron C_6H_5 HO OH O O OH	Phényl-9-trihy-droxy-2,3,7-fluo-ron-6
72	Purpurine O OH OH O OH	Trihydroxy-1,2,4-anthra-quinone
73	Pyrogallol OH HO OH	Trihydroxy-1,2,3-benzène
74	Quinalizarine HO O OH OH HO O	Tétrahydroxy-1,2,5,8-anthra-quinone

Tableau 49 (suite)

Masse moléculaire		Eléments à doser	Méthode
M	le *M*		
320,31	50 557	Ge^{IV}, Sn^{IV}, Ta^{V}, Zr^{IV}, Sb^{III}	Photométrique
256,22	40 861	Zr^{IV}, F^{-}	Photométrique
126,11	10 075	Bi^{3+}, Sb^{3+} (sous forme de MeR) B^{III}, Ta^{V}, Nb^{V}	Gravimétrique Photométrique
272,22	43 492	Be^{2+}, B^{III}, Mg^{2+}, Al^{3+}, Ga^{3+}	Photométrique

n°	Réactif	Synonymes du nom
75	Rhodamine B $(C_2H_5)_2N$ … $\overset{+}{N}(C_2H_5)_2Cl^-$ … O … C … COOH	Chlorure de tétraéthyl-diamino-*o*-car-boxyphénylxan-thényle
76	Rhodamine 6G H_5C_2HN … $\overset{+}{N}HC_2H_5Cl^-$ … O … C … $COOC_2H_5$	Ether éthylique de chlorure de diéthylamino-*o*-carboxyphényl-xanthényle
77	Rouge d'alizarine S O OH OH … SO_3Na … O $\cdot H_2O$	Alizarine S, alizarine-sulfo-nate de sodium, acide dihydroxy-1,2-anthraqui-none-3-sulfoné, sel sodique

Tableau 49 (suite)

Masse moléculaire		Eléments à doser	Méthode
M	lg *M*		
479,03	68 037	Sb^{V}, Zn^{2+}, Ga^{3+}, Tl^{3+}, W^{VI}, Cd^{2+}	Photométrique (lumin.)
450,97	65 415	Re^{VII}, In^{3+}, Tl^{+}	Photométrique (lumin.)
360,28	55 664	Al^{3+}, Zr^{IV}, Th^{IV}, Ga^{3+}, F^{-}, Ti^{IV}, UO_2^{2+}	Photométrique

n°	Réactif	Synonymes du nom
78	Salicylaldoxime OH CH=N—OH	—
79	Salicylal-*o*-aminophénol OH HO —CH=N—	Dihydroxy-2,2'-benzylidène-aniline
80	Sel-nitrosoR NO OH NaO_3S SO_3Na	Acide nitroso-1-naphtol-2-disulfoné-3,6, sel disodique
81	Stilbazo HO SO_3NH_4 HO— —N=N— —CH HO— —N=N— —CH HO SO_3NH_4	Acide stilbène-disulfoné-2,2'-bis-4,4'-dihydroxy-3'',4''-benzène-(azo-1''), sel diammoniacal

Tableau 49 (suite)

Masse moléculaire		Eléments à doser	Méthode
M	lg *M*		
137,14	13 716	Cu^{2+}, Bi^{3+}, Pb^{2+}, Pd^{2+} (sous forme de MeR_2) Fe^{3+}	Gravimétrique Photométrique
213,24	32 887	Al^{3+} Mn^{2+}	Photométrique (lumin.) Photométrique
377,27	57 665	Co^{2+}, K^{+} (indirect.)	Photométrique
646,66	81 068	Al^{3+}	Photométrique

n°	Réactif	Synonymes du nom
82	Stilbexon	Acide diamino-4,4′-stilbène-(N,N,N′,N′-tétracarboxyméthyl)-disulfoné-2,2′, sel disodique
83	Sulfarsazène	Plumbon, nitro-4″-benzène-diazoamino-(1″,4)-benzène-(1-azo-1′)-arsono-2″-sulfonate-4 de sodium
84	Sulfonazo · $2\,H_2O$	Acide sulfone-bis-[hydroxy-4-phénylhydroxy-1′-amino-8′-naphtalène-(3-azo-2′)]-disulfoné-3′, 6′

Tableau 49 (suite)

Masse moléculaire		Eléments à doser	Méthode
M	lg *M*		
646,51	81 058	Fe^{3+}	Photométrique (lumin.)
572,32	75 764	Pb^{2+}, Zn^{2+}, Cd^{2+}	Photométrique, volumétrique
976,93	98 986	Sc^{3+}, V^{V}	Photométrique

n°	Réactif	Synonymes du nom
85	Sulfosalicylate de sodium HOOC HO—⬡—$SO_3Na \cdot 2H_2O$	—
86	Tanin $C_{76}H_{52}O_{46}$	—
87	Tétraphénylborate de sodium $[(C_6H_5)_4\bar{B}]\overset{+}{Na}$	—
88	Thio-acétamide $CH_3—C(=S)—NH_2$	—

Tableau 49 (suite)

Masse moléculaire		Eléments à doser	Méthode
M	lg *M*		
254,22	40 521	Fe^{3+}, Fe^{2+}	Photométrique
~1700	–	Be^{2+}, Al^{3+}, Ga^{3+}, Ge^{IV}, Mo^{VI}, Nb^{V}, Sn^{IV}, Ta^{V}, Ti^{IV}, UO_2^{2+}, W^{VI}, Zr^{IV}, Th^{IV} (on fait calciner les précipités jusqu'aux oxydes)	Gravimétrique
342,24	53 433	K^+, Rb^+, Cs^+, Tl^+, NH_4^+	Gravimétrique, volumétrique, photométrique
75,13	87 581	Bi^{3+}, As^{3+}, Sb^{3+}, Cd^{2+}, Pb^{2+}, Sn^{2+}, Hg^+, MoO_2^{2+}, Cu^{2+}, Pb^{2+} Cu^{2+}	Gravimétrique Photométrique

n°	Réactif	Synonymes du nom
89	Thionalide (β-naphtyl)—NH—CO—CH_2—SH	β-Aminonaphtalide de l'acide thioglycolique
90	Thio-urée $H_2N—C(=S)—HN_2$	Thiocarbamide
91	o-Tolidine H_2N—(C₆H₃)(CH₃)—(C₆H₃)(CH₃)—NH_2 ; H_3C, CH_3	—
92	Toron AsO(OH)(ONa) (benzène) —N=N— HO, SO_3Na, SO_3Na (naphtalène)	Acide benzène-arsonique-2'-(1'-azo-1)- acide hydroxy-2-naphtalène-disulfoné-3,6, sel trisodique, torine, naphtarson, APANS

* T. R. signifie les terres rares.

Tableau 49 (suite)

Masse moléculaire		Eléments à doser	Méthode
M	lg *M*		
217,29	33 704	Tl^+, As^{III}, Sb^{III}, Sn^{2+}, Ag^+, Au^{III}, Cu^{2+}, Hg^{2+}, Pd^{2+}, Bi^{3+}, Rh^{III}, Ru^{III}, Mn^{2+}, Pb^{2+}, Ni^{2+}, Co^{2+} (sous forme de MeR_n, où *n* est la valence du métal)	Gravimétrique
76,125	88 153	Bi^{3+}, Os^{VI}, Ru^{IV}, Re^{VII}, Te^{IV}	Photométrique
212,30	32 695	OsO_4, RuO_4, Ag^{III}, V^V, halogènes	Photométrique
598,29	77 691	Th^{IV}, F^-, U^{IV}, Zn^{2+}, Zr^{IV}, Ta^V, Nb^V, T. R. *, Bi^{3+}, Li^+, Be^{2+}	Photométrique

n°	Réactif	Synonymes du nom
93	Tosylamino-8-quinoléine $H_3C-C_6H_4-SO_2-NH-C_9H_6N$	Quinoléine-8-*p*-toluène-sulfamide
94	Vert brillant $(C_2H_5)_2N-C_6H_4-C(C_6H_5)=C_6H_4=\overset{+}{N}(C_2H_5)_2SO_4H^-$	—
95	Violet cristallisé $(CH_3)_2N-C_6H_4-C(C_6H_4N(CH_3)_2)=C_6H_4=\overset{+}{N}(CH_3)_2Cl^- \cdot 9\,H_2O$	—

Tableau 49 (suite)

Masse moléculaire		Eléments à doser	Méthode
M	lg M		
298,35	47 473	Zn^{2+}, Cd^{2+}	Photométrique (lumin.)
482,65	68 363	Sb^{V}, Tl^{3+}, Zn^{2+}	Photométrique
570,14	75 598	Sb^{V}, Zn^{2+}, Tl^{3+}, Cd^{2+}, Hg^{2+}	Photométrique

n°	Réactif	Synonymes du nom
96	Violet de méthyle $(CH_3)_2N$ … $\overset{+}{N}(CH_3)_2Cl^-$ … C … $NHCH_3$ (de préférence)	Violet de gentiane
97	Zirconon OH … —N=N— … —SO_3H … CH_3	Acide hydroxy-2-méthyl-5-azo-benzène-sul-foné-4

Tableau 49 (suite)

Masse moléculaire		Eléments à doser	Méthode
M	lg *M*		
—	—	Sb^{V}, Zn^{2+}, Cd^{2+}, Tl^{3+}, Hg^{2+}, Re^{VII}, Ta^{V}	Photométrique
292,32	46 586	Zr^{IV} (on fait calciner le précipité jusqu'à l'oxyde)	Gravimétrique

Tableau 49 (suite)

B. Eléments à doser mis dans l'ordre alphabétique

Elément à doser	Réactif (n° est celui du *Tableau A*)	Méthode
Aluminium	31, 68, 86, 7	Gravimétrique
	30, 68	Volumétrique
	12, 77, 11, 13, 15, 34, 61, 68, 79, 81, 74, 50	Photométrique
Ammonium	87	Gravimétrique, Volumétrique
		Photométrique
Antimoine	68, 73, 88, 89	Gravimétrique
	68	Volumétrique
	94, 95, 96, 68, 75	Photométrique
Argent	35, 58, 89, 7	Gravimétrique
	39, 30	Volumétrique
	39, 49, 43, 8	Photométrique
Arsenic	88, 89	Gravimétrique
Baryum	28, 30, 64	Volumétrique
Béryllium	86	Gravimétrique
	11, 13, 15, 21, 32, 92, 74, 50	Photométrique
Bismuth	37, 31, 58, 68, 73, 78, 88, 89, 5	Gravimétrique
Bore	2, 32, 73, 74	Photométrique
	30, 68	Volumétrique
	49, 59, 68, 90, 92	Photométrique
Cadmium	7, 37, 58, 63, 68, 88, 7	Gravimétrique
	30, 68, 83	Volumétrique
	24, 49, 42, 26, 27, 95, 96, 68, 75, 83, 93	Photométrique
Calcium	6	Gravimétrique
	30	Volumétrique
	17, 62, 6	Photométrique
Chlorates et perchlorates	65	Gravimétrique

Tableau 49 (suite)

Elément à doser	Réactif (n° est celui du *Tableau A*)	Méthode
Chrome (III)	68, 7	Gravimétrique
	30, 68	Volumétrique, photométrique
Chrome (VI)	42, 3	Photométrique
Cérium	15, 16	Photométrique
Césium	44, 87	Gravimétrique, photométrique
	87	Volumétrique
Cobalt	1, 37, 66, 68, 89, 7	Gravimétrique
	30, 68	Volumétrique
	41, 49, 30, 60, 66, 67, 80, 68, 8	Photométrique
Cuivre	1, 19, 35, 31, 58, 68, 78, 88, 89, 7	Gravimétrique
	30, 68	Volumétrique
	22, 39, 41, 49, 46, 47, 38, 60, 66, 68, 8, 9, 88	Photométrique
Cyanures	39	Volumétrique
Etain	86, 88, 89, 5	Gravimétrique
	30	Volumétrique
	49, 48, 10, 71	Photométrique
Fer (II)	7	Gravimétrique
	30	Volumétrique
	18, 41, 45, 85, 10, 69, 33	Photométrique
Fer (III)	37, 31, 66, 68, 7	Gravimétrique
	30, 68	Volumétrique
	66, 68, 78, 9, 82, 85	Photométrique
Fluor	12, 77, 13, 72, 92, 50	Photométrique
Gallium	31, 68, 86	Gravimétrique
	30, 68	Volumétrique
	77, 52, 34, 55, 61, 68, 75, 74	Photométrique
Germanium	86, 71	Photométrique
Hafnium	5	Gravimétrique
	16	Photométrique

Tableau 49 (suite)

Elément à doser	Réactif (n° est celui du *Tableau A*)	Méthode
Indium	68	Gravimétrique
	30, 68	Volumétrique
	49, 60, 68, 76	Photométrique
Lithium	92	Photométrique
Magnésium	68, 6	Gravimétrique
	30, 68	Volumétrique
	23, 56, 57, 68, 54, 70, 74	Photométrique
Manganèse	1, 68, 89, 7	Gravimétrique
	30, 68	Volumétrique
	30, 60, 68, 79	Photométrique
Mercure	1, 88, 89	Gravimétrique
	53, 30	Volumétrique
	39, 49, 42, 43, 95, 96	Photométrique
Molybdène	68, 86, 88	Gravimétrique
	68	Volumétrique
	48, 60, 68	Photométrique
Neptunium	16	Photométrique
Nickel	1, 20, 35, 41, 68, 89, 51, 7	Gravimétrique
	41, 30, 68	Volumétrique
	41, 49, 38, 68, 51	Photométrique
Niobium	31, 86, 5	Gravimétrique
	15, 73, 92	Photométrique
Nitrates	65	Gravimétrique
	25	Photométrique
Or	58, 89	Gravimétrique
	30	Volumétrique
	39, 91	Photométrique
Osmium	60, 90, 91	Photométrique
Palladium	41, 68, 78, 89, 51	Gravimétrique
	41, 30, 68	Volumétrique
	39, 41, 60, 66, 8, 51, 33	Photométrique
Platine	51	Gravimétrique
	39, 51	Photométrique

Tableau 49 (suite)

Elément à doser	Réactif (n° est celui du *Tableau A*)	Méthode
Plomb	1, 35, 58, 68, 6, 8, 78, 88, 7	Gravimétrique
	53, 30, 68, 83, 89	Volumétrique
	14, 49, 42, 68, 83, 88	Photométrique
Plutonium	16	Photométrique
Potassium	44, 87	Gravimétrique
	87	Volumétrique
	44, 80, 87	Photométrique
Protactinium	16	Photométrique
Rhénium	65	Gravimétrique
	60, 96, 76, 90	Photométrique
Rhodium	89	Gravimétrique
Rubidium	44, 87	Gravimétrique
	87	Volumétrique
Ruthénium	89	Gravimétrique
	60, 90, 91	Photométrique
Scandium	30	Volumétrique
	16, 84	Photométrique
Sélénium	36	Photométrique
Strontium	6	Gravimétrique
	30	Volumétrique
	62	Photométrique
Sulfates	28, 64	Volumétrique
Tantale	31, 86, 5	Gravimétrique
	15, 40, 96, 73, 92, 71	Photométrique
Terres rares	30	Volumétrique
(lanthanides Y, Sc)	15, 16, 92	Photométrique
Thallium	58, 87, 89	Gravimétrique
	30, 87	Volumétrique
	94, 49, 46, 95, 60, 96, 75, 76, 87	Photométrique
Thorium	31, 6, 86, 5	Gravimétrique
	30	Volumétrique
	12, 77, 15, 16, 34, 61, 92	Photométrique

Tableau 49 (suite)

Elément à doser	Réactif (nº est celui du *Tableau A*)	Méthode
Titane	37, 31, 68, 86	Gravimétrique
	30, 68	Volumétrique
	77, 15, 46, 4, 29, 68, 3	Photométrique
Tungstène	68, 86	Gravimétrique, volumétrique
	48, 68, 75, 10	Photométrique
Uranium	31, 86, 7	Gravimétrique
	77, 15, 16, 38, 92	Photométrique
Vanadium	31, 68	Gravimétrique
	30, 68	Volumétrique
	15, 60, 68, 84, 91	Photométrique
Zinc	1, 35, 68, 7	Gravimétrique
	30, 68, 83	Volumétrique
	14, 94, 49, 95, 96, 68, 75, 83, 92, 93	Photométrique
Zirconium	31, 68, 86, 5, 97	Gravimétrique
	30, 68	Volumétrique
	12, 77, 15, 16, 34, 61, 68, 92, 71, 50	Photométrique

Tableau 50

Echelle des tamis

Nombre de trous par 1 cm	Nombre de trous par pouce carré (mesh)	Largeur du trou (mm)	Diamètre du fil (mm)
125	325	0,044	0,036
106	270	0,053	0,041
93	230	0,062	0,046
79	200	0,074	0,053
66	170	0,088	0,063
56	140	0,105	0,074
47	120	0,125	0,086
40	100	0,149	0,102
34	80	0,177	0,119
29	70	0,21	0,140
24	60	0,25	0,162
20	50	0,30	0,188
18	45	0,35	0,22
15	40	0,42	0,25
13	35	0,50	0,29
11	30	0,59	0,33
9	25	0,71	0,37
8	20	0,84	0,42
7	18	1,00	0,48
6	16	1,19	0,54
5	14	1,41	0,61
4	12	1,68	0,69
3,5	10	2,00	0,76
3	8	2,38	0,84
2,7	7	2,83	0,92
2,3	6	3,36	1,02
2	5	4,00	1,12
1,7	4	4,76	1,27
1,4	3,5	5,66	1,45
1,2	3	6,72	1,65
1	2,5	8,00	1,85

Tableau 51

Valeurs des potentiels des demi-vagues polarographiques sur l'électrode à goutte de mercure

Elément à doser	Composition de la solution (fond)	Changement de la valence	Potentiel de demi-vague *E* 1/2
Al^{III}	0,5 N $BaCl_2$ dégagement de H_2 n'est pas exclu	3→0 (?)	−1,7
As^{III}	1 M H_2SO_4+0,01 % gélatine	3→0	−0,7
Bi^{III}	0,5 N NaOH÷0,025 % gélatine	3→5	−0,26
	1 N H_2SO_4+0,01 % gélatine	3→0	−0,04
	0,5 M $KNaC_4H_4O_6$+0,01 % gélatine		
	*p*H 4,5	3→0	−0,29
	*p*H 9	3→0	−0,70
	0,5 M $NaKC_4H_4O_6$+ +0,01 N NaOH+0,01 % gélatine	3→0	−1,00
Br^{V}	Solution tampon *p*H 1,0	5→(−1)	−0,43
Ca^{II} et les autres métaux alcalino-terreux	Dans les solutions de sels de tétraméthylammonium	2→0	−2,22
Cd^{II}	0,1 N HCl	2→0	−0,60
	6 N HCl	2→0	−0,79
	1 N NH_4Cl+1 N NH_4OH	2→0	−0,81
Ce^{IV}	0,1 M éthylènediamine	4→3	−0,71

Tableau 51 (suite)

Elément à doser	Composition de la solution (fond)	Changement de la valence	Potentiel de demi-vague E 1/2
Co^{II}	0,25 M KCl	2→0	−1,2
	1 M KSCN	2→0	−1,03
	0,1 M éthylènediamine	2→3	−0,456
Cr^{II}	0,7 M HCl	2→3	−0,58
Cr^{III}	0,1 N KCl	{3→2 2→0	−0,81 −1,50
Cr^{VI}	1 M KOH	6→3	−1,03
Cu^{I}	1 M NH_4OH + 1 M NH_4Cl	{1→2 1→0	−0,25 −0,54
Cu^{II}	0,5 M H_2SO_4 + 0,01% gélatine	2→0	−0,00
	0,5 M $Na_2C_4H_4O_6$, *p*H 12	2→0	−0,38
Fe^{II}	1 M $Na_2C_2O_4$	3⇄2	−0,24
	1 M $Na_2C_2O_4$	2⇄3	−0,24
	1 M $HClO_4$, *p*H 0-2	2→0	−1,37
Fe^{III}	0,5 M $(NH_4)_2C_4H_4O_5$ + + 1 M NH_4OH + 0,005 % gélatine	{3→2 2→0	−0,98 −1,53
Ga^{III}	Acide salicylique, *p*H 2,8-3,2	3→0	−0,85
	1 N NH_4OH + 1 N NH_4Cl	3→0	−1,58
Ge^{II}	0,5 M HCl	2→0	−0,42
	4 M H_2SO_4	2→4	−0,10
Ge^{IV}	0,1 M NH_4OH + 0,1 M NH_4Cl	4→2	−1,45
	0,2 M EDTA, *p*H 6,8	4→0	−1,3
H^{I}	0,1 M KCl	1→0	−1,58
H_2O_2	0,1 M Li_2SO_4	(−1)→(−2)	−0,88
	0,1 M NaOH	(−1)→0	−0,17

Elément à doser	Composition de la solution (fond)	Changement de la valence	Potentiel de demi-vague *E* 1/2
I^{V}	0,05 M KCl	5 → (− 1)	− 1,28
In^{III}	$HClO_4$, H_2SO_4, HNO_3	3 → 0	− 1,0
	6 N HCl	3 → 0	− 0,68
K^{I} et les autres métaux alcalins	0,1 M tétraméthylammonium	1 → 0	− 2,13
Mn^{II}	0,5 M NH_4OH + + 0,5 N NH_4Cl	2 → 0	− 1,54
	2 M NaOH + + 5 % $KNaC_4H_4O_6$	{2 → 3 {2 → 0	− 0,4 − 1,7
Mo^{VI}	3 M $HClO_4$	{6 → 5 {5 → 3	− 0,14 − 0,79
	0,1 M HCl	{6 → 5 {5 → 3	− 0,29 − 0,74
N^{III}	Solution tampon, *p*H 9	{3 → 2 {2 → 1 {1 → (− 1)	− 0,45 − 0,70 − 1,00
N^{V}	0,1 M LiCl	5 → (?)	− 2,1
	0,1 M $LaCl_3$; 0,1 M $CeCl_3$	5 → (?)	− 1,2
Nb^{V}	0,1 M $H_2C_2O_4$, *p*H 1,2-5,5	5 → 4	− 1,5
	0,06 M HNO_3	5 → 3 (?)	− 0,84
Ni^{II}	$HClO_4$, *p*H 0-2 ; 1 N KCl	2 → 0	− 1,1
	1 M NH_4OH + + 0,2 M NH_4Cl + 0,005 % gélatine	2 → 0	− 1,06
O_2	Solution tampon, *p*H 1-10	{0 → (− 1) {(− 1) → (− 2)	− 0,05 − 0,04

Tableau 51 (suite)

Elément à doser	Composition de la solution (fond)	Changement de la valence	Potentiel de demi-vague E 1/2
Os^{VI}	$Ca(OH)_2$ saturé	$6 \to 4$ $4 \to 3$	−1,41 −1,16
Pb^{II}	1 M KCl	$2 \to 0$	−0,431
	0,97 M NaOH	$2 \to 0$	−0,765
Pd^{II}	1 M NH_4OH+ +1 M NH_4Cl+0,001 % rouge de méthyle	$2 \to 0$	−0,72
	2 M NaOH ou KOH	$2 \to 0$	−1,41
Pt^{II}	0,5 M KSCN+0,05 M éthylènediamine	$2 \to 0$	−0,51
Re^{VII}	2 M KCl	$7 \to (-1)$	−1,43
	2 M HCl	$7 \to 4$(?)	−0,45
Rh^{III}	1 M NH_4OH+1 M NH_4Cl	$3 \to 1$	−0,93
Sb^{III}	2 M HCl	$3 \to 0$	−0,22
	1 M NaOH	$3 \to 5$ $3 \to 0$	−0,45 −1,15
Sb^{V}	2 M HCl	$5 \to 0$(?)	−0,24
Se^{IV}	0,1 M NH_4Cl+0,003 % gélatine	$4 \to (-2)$	−1,50
Sn^{II}	1 M H_2SO_4	$2 \to 0$	−0,46
	1 M HCl	$2 \to 4$	−0,1
	1 M NaOH+0,01 % gélatine	$2 \to 4$ $2 \to 0$	−0,73 −1,22
Sn^{IV}	1 M HCl+4 M NH_4Cl+ +0,005 % gélatine	$4 \to 2$ $2 \to 0$	−0,25 −0,52
	NaF	$4 \to 2$	−1,2

Tableau 51 (suite)

Elément à doser	Composition de la solution (fond)	Changement de la valence	Potentiel de demi-vague E 1/2
Ta^{V}	0,86 M HCl	5→(?)	−1,16
Te^{IV}	0,1 M NaOH+0,003 % gélatine	4→(−2)	−1,22
	0,1 M $(NH_4)_2C_4H_4O_6$+ +0,003 % gélatine, *p*H 9,0	4→(0)?	−0,76
Te^{VI}	0,1 M NaOH+0,03 % gélatine	6→(—2)	−1,66
	0,1 M NH_4Cl+NH_4OH+ +0,0005 % gélatine		
	*p*H 6,2	6→(—2)	−1,17
	*p*H 9,2	6→(—2)	−1,34
Ti^{III}	0,1 M HCl	3→4	−0,14
Ti^{IV}	0,1 M HCl	4→3	−0,81
	0,2 M $H_2C_4H_4O_6$	4→3	−0,38
	0,4 M $Na_2C_4H_4O_6$+0,005 % gélatine		
	*p*H 11,8	4→3	−1,65
Ti^{I}	1 M KCl	1→0	−0,482
	0,2 M NaOH	1→0	−0,49
U^{IV}	0,1 M $NaClO_4$	4→3	−0,92
U^{V}	0,1 N KCl+HCl, *p*H 3	5→6	−0,18
U^{VI}	0,5 N HCl	{6→5	−0,20
		{5→3	−0,92
V^{II}	0,1 M KCl	2→3	−0,50
	$Na_2B_4O_7$ saturé, *p*H 5,1	{2→3	−0,55
		{3→4	−0,03
		{4→5	+0,13
V^{III}	0,1 M CO_3^{2-}+CO_2 saturé, *p*H 6,7	3→5	−0,06

Tableau 51 (suite)

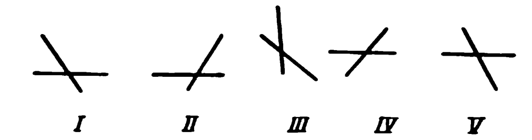
Elément à doser	Composition de la solution (fond)	Changement de la valence	Potentiel de demi-vague E 1/2
V^{IV}	0,1 M H_2SO_4 + 0,005 % gélatine	$4 \to 2$	−0,85
	1 M NaOH+ +0,08 M Na_3SO_3 + 1 M KCl	$4 \to 5$	−0,39
V^{V}	1 M NH_4OH + 1 M NH_4Cl + +0,005 % gélatine	$\begin{cases} 5 \to 4 \\ 4 \to 2 \end{cases}$	−0,97 −1,26
W^{VI}	12 M HCl	$\begin{cases} 6 \to 5 \\ 5 \to 3 \end{cases}$	* −0,54
	4 M HCl	$5 \to 3$	−0,66
Zn^{II}	1 M KCl	$2 \to 0$	−1,02
	1 M NH_4OH + +0,2 M NH_4Cl + 0,005 % gélatine	$2 \to 0$	−1,33
	1 M NaOH	$2 \to 0$	−1,49
Zr^{IV}	0,1 M KCl, *p*H 3 (à $C_{Zr^{IV}} \sim 1 \cdot 10^{-3}$)	$4 \to 0$	−1,65

* Celui-ci est réduit justement au potentiel de dissolution du mercure.

Tableau 52

Conditions du titrage ampérométrique de certaines substances

Formes des courbes de titrage



Ion ou molécule produisant le courant de diffusion	Caractère de la réaction d'électrode	Potentiel de la microélectrode indicatrice de platine établi par rapport à l'électrode de référence		Electrolyte-support
		Microélectrode indicatrice, MEI (V)	Electrode au calomel saturée, ECS (V)	
Ag^{I}	c	0	—0,25	HNO_3, KNO_3, CH_3COONa
	c	0	—0,25	HNO_3, KNO_3, CH_3COONa
	c	+0,40	+0,15	H_2SO_4
	c	+0,40	+0,15	H_2SO_4
	c	de 0 à +40	de −0,25 à +0,15	$NH_4OH + NH_4Cl$
As^{III}	a	+1,30	+1,05	HCl, H_2SO_4

(selon Songuina)

a — courant anodique d'oxydation
c — courant cathodique de réduction

Forme de la courbe de titrage	Substance à titrer	Réactif titrant	Remarques
I	Ag^{I}	I^-, Br^-, Cl^- et d'autres formant des précipités peu solubles avec Ag^{I}	–
II	Cl^-, Br^-, I^-, SCN^- et les autres formant des précipités peu solubles avec Ag^{I}	Ag^{I}	–
I	Ag^{I}	I^- et d'autres formant des précipités peu solubles avec Ag^{I}	On peut effectuer le titrage en présence de Cu^{II}
II	Cl^- et les autres formant des précipités peu solubles avec Ag^{I}	Ag^{I}	Idem
II	PO_4^{3-}	Ag^{I}	–
I	As^{III}	BrO_3^-	–

Ion ou molécule produisant le courant de diffusion	Caractère de la réaction d'électrode	Potentiel de la microélectrode indicatrice de platine établi par rapport à l'électrode de référence		Electrolyte-support
		Microélectrode indicatrice, MEI (V)	Electrode au calomel saturée, ECS (V)	
Au^{III}	c	de 0 à +0,40	de −0,25 à +0,15	HCl, H_2SO_4, KNO_3, $NaNO_3$
	c	+0,40	+0,15	KNO_3, NH_4NO_3, H_2SO_4
Bi^{III}	c	+0,1	−0,15	$HClO_4$, *p*H 1,2 HNO_3, *p*H 1,5
Br_2	c c	+0,45 +0,40	+0,20 +0,15	$NaHCO_3$+KBr HCl, 2 N H_2SO_4, 4 N+Cl^-
Br^-	a	+1,30	+1,05	H_2SO_4, 2 N

Tableau 52 (suite)

Forme de la courbe de titrage	Substance à titrer	Réactif titrant	Remarques
I	Au^{III}	$S_2O_3^{2-}$ et divers composés organiques tels que mercaptothiazole, hydroquinone, thio-urée	Il est plus commode d'effectuer le titrage de Au^{III} par les réducteurs suivant le courant d'oxydation de ceuxci, par exemple suivant le courant de la thio-urée au potentiel de microélectrode égal à + 0,8 V (MEI). Dans ce cas la courbe de titrage a la forme *II*
I	Au^{III}	$Fe(CN)_6^{4-}$	—
II	PO_4^{3-}	Bi^{III}	—
II	As^{III}, NH_3	BrO^-, ClO^-	—
II	As^{III}, Sb^{III}	BrO_3^-	Si dans une solution à étudier sont présents Hg^{II}, Cu^{II}, Ag^{I} et d'autres ions, on effectue le titrage au potentiel de microélectrode égal à +0,70 V (MEI)
II	Tl^{III}	Br^-	—

Ion ou molécule produisant le courant de diffusion	Caractère de la réaction d'électrode	Potentiel de la microélectrode indicatrice de platine établi par rapport à l'électrode de référence		Electrolyte-support
		Microélectrode indicatrice, MEI (V)	Electrode au calomel saturée, ECS (V)	
Ce^{IV}	c	+0,75	+0,50	H_2SO_4
	c	+0,45	+0,20	HCl
	c	+1,00	+0,75	H_2SO_4
Ce^{III}	a	+1,60	+1,35	CH_3CO_2Na + éthanol
Cl_2	c	+0,70	+0,45	HCl
Cl^-	a	+1,50	+1,25	HCl

Tableau 52 (suite)

Forme de la courbe de titrage	Substance à titrer	Réactif titrant	Remarques
II	Oxalate, V^{IV}, Fe^{II}, Tl^{I}	Ce^{IV}	Si dans ces conditions le réducteur produit le courant anodique, la courbe de titrage aura la forme *III* à allure inverse
II	Sn^{II}	Ce^{IV}	
III	Divers composés organiques tels que hydroquinone, méthol, pyrocatéchol, *p*-amidophénol, etc.	Ce^{IV}	Avant le PE (point équivalent) fonctionne le courant d'oxydation des composés organiques, après le PE, le courant de réduction de Ce^{IV}
II	PO_4^{3-}	Ce^{III}	–
–	–	–	La valeur du courant de réduction de Cl_2 est utilisée pour déterminer le chlore dans l'eau
–	–	–	En milieu chlorhydrique le courant d'oxydation du chlorure peut gêner d'autres processus anodiques

Ion ou molécule produisant le courant de diffusion	Caractère de la réaction d'électrode	Potentiel de la microélectrode indicatrice de platine établi par rapport à l'électrode de référence		Electrolyte-support
		Microélectrode indicatrice, MEI (V)	Electrode au calomel saturée, ECS (V)	
Cr^{VI}	c	+0,40	+0,15	HCl, ≤6 N
		+0,40	+0,15	H_2SO_4, 4-6 N
		+0,70	+0,45	H_2SO_4, 8-12 N
		+0,90	+0,65	H_2SO_4, >12 N
Cr^{II}	a	+0,65	+0,40	H_2SO_4
Cu^{II}	c	<+0,30	+0,05	Electrolytes indifférents, acides dilués
Fe^{III}	c	−0,15	−0,40	$H_2SO_4+(NH_4)_2SO_4$
	c	0	−0,25	HCl, ~1,2 N
	c	0	−0,25	En fonction d'une substance à doser
Fe^{II}	a	+1,25	+1,00	H_2SO_4
	a	+1,10	+0,85	H_2SO_4, HCl

Tableau 52 (suite)

Forme de la courbe de titrage	Substance à titrer	Réactif titrant	Remarques
—	Divers réducteurs tels que Fe^{II}, Sb^{III}, As^{III} et d'autres	$Cr_2O_7^{2-}$	La forme de la courbe de titrage dépend du réducteur titré et du potentiel établi sur la microélectrode
II	Mo^{VI}, W^{VI}	Cr^{II}	—
—	—	—	Dans le titrage ampérométrique on n'utilise pas le courant de réduction de Cu^{II}, pourtant il peut gêner le dosage des autres substances
II *I* *V*	Ti^{III} Fe^{III} Zr^{IV}, Al^{III}, Be^{II}	Fe^{III} Acide ascorbique F^-	— — On effectue le titrage en présence de Fe^{III} (méthode à l'indicateur)
II *I*	Mn^{VII}, Cr^{VI}, V^{V}, Ce^{IV} Fe^{II}	Fe^{II} MnO_4^-, $Cr_2O_7^{2-}$, VO_3^-, Ce^{IV}	Si dans ces conditions l'oxydant produit le courant cathodique, la courbe de titrage aura la forme *III* Idem

Ion ou molécule produisant le courant de diffusion	Caractère de la réaction d'électrode	Potentiel de la microélectrode indicatrice de platine établi par rapport à l'électrode de référence		Electrolyte-support
		Microélectrode indicatrice, MEI (V)	Electrode au calomel saturée, ECS (V)	
$Fe(CN)_6^{3-}$	c	+0,05	−0,20	$NH_4OH + NH_4Cl$
	c	+0,20	−0,05	NaOH
$Fe(CN)_6^{4-}$	a	de +0,70 à +1,00	de +0,45 à +0,75	—
Hg^{II}	c	+0,40	+0,15	$NaNO_3$, NH_4NO_3, H_2SO_4
	c	+0,40	+0,15	$NaNO_3$, NH_4NO_3, H_2SO_4
Hg^{I}	c	+0,40	+0,15	$NaNO_3$, NH_4NO_3

Tableau 52 (suite)

Forme de la courbe de titrage	Substance à titrer	Réactif titrant	Remarques
II	Co^{II}	$Fe(CN)_6^{3-}$	On peut titrer $Fe(CN)_6^{3-}$ par une solution étalon de Co^{II}, alors la courbe de titrage aura la forme *I*
II	Tl^{I}	$Fe(CN)_6^{3-}$	Le titrage avec l'hexacyanoferrate (III) est opéré en présence de OsO_4 comme catalyseur
—	Zn^{II}, Pb^{II}, Cd^{II}, Ca^{II}, Cu^{II}, Mn^{II}, Zn^{III}, Ag^{I} et d'autres donnant des précipités peu solubles. Au^{III} par la réaction de réduction	$Fe(CN)_6^{4-}$	Le potentiel de la microélectrode, l'électrolyte-support et, donc, la forme de la courbe de titrage dépendent d'une substance à doser
I	Hg^{II}	I^-, Cl^-	—
II	Cl^-	Hg^{II}	—
II	Pyrophosphate, Mo^{VI}, W^{VI}	Hg^{I}	—

Ion ou molécule produisant le courant de diffusion	Caractère de la réaction d'électrode	Potentiel de la microélectrode indicatrice de platine établi par rapport à l'électrode de référence		Electrolyte-support
		Microélectrode indicatrice, MEI (V)	Electrode au calomel saturée, ECS (V)	
		Début de la réduction		
H_2O	c	−0,70	−0,95	Milieu basique
		−0,40	−0,65	Milieu neutre
		0	−0,25	Milieu acide
		Début de l'oxydation		
	a	+0,80	+0,55	Milieu basique
		+1,20	+0,95	Milieu neutre
		+1,50	+1,25	Milieu acide
I_2	c	+0,20	−0,05	HCl ≥9 N
	c	0	−0,25	CH_3CO_2Na
	c	+0,45	+0,20	Sel de Seignette+ +$NaHCO_3$
	c	+0,40	+0,15	HCl 2N, H_2SO_4 2N+ +KCl
I^-	a	+1,00	+0,75	H_2SO_4, *p*H 1 à 2
	a	+1,00	+0,75	KNO_3, NH_4NO_3
	a	+1,00	+0,75	HCl≥6 N
Ir^{IV}	c	+0,70	+0,45	HCl

Tableau 52 (suite)

Forme de la courbe de titrage	Substance à titrer	Réactif titrant	Remarques
—	—	—	Le courant de réduction de l'eau réduit le domaine cathodique de la réaction d'électrode
—	—	—	Le courant d'oxydation de l'eau réduit le domaine anodique de la réaction d'électrode
IV	As^{V}, Se^{IV}	I^-	—
I	I_2	$S_2O_3^{2-}$	On utilise cette réaction pour doser Cu^{II}, Fe^{III}, As^{V} après l'addition d'un excès de I^- à une solution à étudier
II	Sn^{II}, As^{III}, Sb^{III}	I_2	—
II	Sb^{III}, Tl^{I}	IO_3^-	—
II	Ag^{I}, Hg^{II}, Pd^{II}	I^-	—
II	Tl^{I}	I^-	—
II	Se^{IV}	I^-	—
I	Ir^{IV}	Acide ascorbique, hydroquinone	—

Ion ou molécule produisant le courant de diffusion	Caractère de la réaction d'électrode	Potentiel de la microélectrode indicatrice de platine établi par rapport à l'électrode de référence		Electrolyte-support
		Microélectrode indicatrice, MEI (V)	Electrode au calomel saturée, ECS (V)	
Mn^{VII}	c	+0,80	+0,55	H_2SO_4 ≤8 N
	c	+0,75	+0,50	HCl 1 N
	c	+0,40	+0,15	$CH_3CO_2Na + ZnO$
	c	+0,40	+0,15	$K_4P_2O_7$, *p*H 6 à 7
	c	+0,40	+0,15	NaOH 1 N
Mn^{III}	c	+0,90	+0,65	H_2SO_4 ≥9 N
	c	+0,90	+0,65	H_3PO_4 ≥10 N
Mn^{II}	a	+1,20	+0,95	Acide, neutre, CH_3CO_2Na

Tableau 52 (suite)

Forme de la courbe de titrage	Substance à titrer	Réactif titrant	Remarques
—	Divers réducteurs tels qu'oxalate, ferrocyanure, V^{IV}, Fe^{II}, As^{III}, Sb^{III}, Sn^{II}, etc.	MnO_4^-	La forme de la courbe de titrage dépend d'une substance à titrer
II	Tl^{I}	MnO_4^-	—
II	Mn^{II}	MnO_4^-	—
II	Mn^{II}	MnO_4^-	—
II	Te^{IV}	MnO_4^-	—
I	Mn^{III}	$H_2C_2O_4$	On utilise cette réaction pour doser PrO_2 après l'addition d'un excès de Mn^{II} à une solution à étudier
I	Mn^{III}	Fe^{II}	On peut titrer Mn^{II} d'après le courant d'oxydation de Fe^{II} pour le potentiel de la microélectrode égal à 1,3 V. Dans ce cas la courbe de titrage aura la forme *II*
—	—	—	Dans le titrage ampérométrique le courant d'oxydation de Mn^{II} n'est pas utilisé, pourtant il peut gêner le dosage des autres substances

Ion ou molécule produisant le courant de diffusion	Caractère de la réaction d'électrode	Potentiel de la microélectrode indicatrice de platine établi par rapport à l'électrode de référence		Electrolyte-support
		Microélectrode indicatrice, MEI (V)	Electrode au calomel saturée, ECS (V)	
NO_2^-	c	de +0,40 à +1,00 en fonction de la concentration de HNO_3	de +0,15 à +0,75 en fonction de la concentration de HNO_3	
NO_2^-	a	+1,30	+1,05	H_2SO_4 0,05 N

Tableau 52 (suite)

Forme de la courbe de titrage	Substance à titrer	Réactif titrant	Remarques
			Dans le titrage ampérométrique le courant de réduction de NO_2^- n'est pas utilisé, pourtant il peut gêner le dosage des autres substances si la concentration de HNO_3, utilisé comme électrolyte-support est $\geq$ 5 N
I	NO_2^-	Oxydants forts tels que MnO_4^-, Ce^{IV}, etc., acide sulfanilique	Dans le cas du titrage ampérométrique de NO_2^- avec le citrate d'ammonium en tant qu'électrolyte-support (*p*H de 4 à 4,5), on peut utiliser comme réactif titrant aussi la chloramine T suivant le courant de sa réduction pour le potentiel de microélectrode égal à +0,3 V

Ion ou molécule produisant le courant de diffusion	Caractère de la réaction d'électrode	Potentiel de la microélectrode indicatrice de platine établi par rapport à l'électrode de référence		Electrolyte-support
		Microélectrode indicatrice, MEI (V)	Electrode au calomel saturée, ECS (V)	
		Début de la réduction		
O_2	c	+0,10 +0,40 +0,80	−0,15 +0,15 +0,55	Milieu basique Milieu neutre Milieu acide
Pb^{II}	c	−0,60 +1,80	−0,85 +1,55	CH_3CO_2Na, $CH_3CO_2NH_4$ $CH_3CO_2NH_4$ ou CH_3CO_2Na 0,5 N
Sn^{II}	a	−0,20	−0,45	Solution basique de complexone III

Tableau 52 (suite)

Forme de la courbe de titrage	Substance à titrer	Réactif titrant	Remarques
—	—	—	Le courant d'oxydation de O_2 est utilisé pour le dosage polarographique de l'oxygène dissout. Dans le titrage ampérométrique le courant de réduction de O_2 se manifeste lors du dosage d'autres substances
I	Pb^{II}	$Cr_2O_7^{2-}$, MoO_4^{2-}, WO_4^{2-}	—
II	SO_4^{2-}	Pb^{II}	On utilise comme réactif titrant une solution de sel d'acétate de plomb, contenant 4 à 5 % d'acide acétique
III	Sn^{II}	Hg^{II}	On utilise comme réactif titrant une solution de sel de chlorure de mercure (II). Après le PE, fonctionne le courant de réduction de Hg^{II}

Ion ou molécule produisant le courant de diffusion	Caractère de la réaction d'électrode	Potentiel de la microélectrode indicatrice de platine établi par rapport à l'électrode de référence		Electrolyte-support
		Microélectrode indicatrice, MEI (V)	Electrode au calomel saturée, ECS (V)	
Te^{IV}	c	+0,60	+0,35	H_2SO_4 6 N
Ti^{III}	a a a	+0,75 +1,00 +1,00	+0,50 +0,75 +0,75	$H_2SO_4 + (NH_4)_2SO_4$ H_2SO_4 10 N H_2SO_4 1 N + $H_4P_2O_7$
Tl^{III}	c	+0,50	+0,25	KNO_3, CH_3CO_2Na et d'autres
Tl^{I}	c	−0,60	−0,85	CH_3CO_2Na

Tableau 52 (suite)

Forme de la courbe de titrage	Substance à titrer	Réactif titrant	Remarques
	–	–	Pour le titrage ampérométrique le courant de réduction de Te^{IV} n'est pas utilisé, pourtant il peut gêner le dosage des autres substances
I *II* *II*	Ti^{III} V^{V}, Cr^{VI} U^{VI}	$Cr_2O_7^{2-}$ Ti^{III} Ti^{III}	– – –
I	Tl^{III}	Divers réducteurs tels que thio-urée	Il est plus commode d'effectuer le titrage ampérométrique de Tl^{III} avec la thio-urée suivant le courant d'oxydation de celle-ci pour le potentiel de microélectrode égal à +0,80 V (MEI). Dans ce cas la courbe de titrage aura la forme *II*
I	Tl^{I}	I^-	–

Ion ou molécule produisant le courant de diffusion	Caractère de la réaction d'électrode	Potentiel de la microélectrode indicatrice de platine établi par rapport à l'électrode de référence		Electrolyte-support
		Microélectrode indicatrice, MEI (V)	Electrode au calomel saturée, ECS (V)	
	a	+1,40	+1,15	KNO_3 NH_4NO_3, H_2SO_4
U^{III}	a	+0,20	−0,05	H_2SO_4
V^{V}	c	+0,50	+0,25	H_2SO_4 12 à 16 N
	c	+1,00	+0,75	H_2SO_4 18 à 24 N
V^{IV}	a	+0,85	+0,60	CH_3CO_2H+ +CH_3CO_2Na, *p*H 4
V^{II}	a	+0,85	0,60	H_2SO_4+H_3PO_4
	a	+0,45	+0,20	H_2SO_4

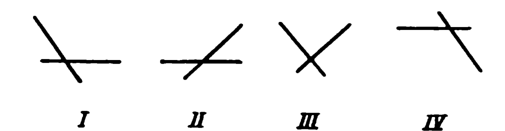
Tableau 52 (suite)

Forme de la courbe de titrage	Substance à titrer	Réactif titrant	Remarques
	—	—	Pour le titrage ampérométrique le courant d'oxydation de Tl^- n'est pas utilisé, pourtant il peut gêner le dosage des autres substances
III	U^{III}	Fe^{III}	Après le PE, fonctionne le courant de réduction de Fe^{III}
II *III*	Divers réducteurs tels que Fe^{II} V^{V}	VO_3^- Fe^{II}	— Après le PE, fonctionne le courant d'oxydation de Fe^{II}
II	Complexone III	VO^{2+}	On utilise cette réaction pour doser Al^{III}, Zr^{IV}, Th^{IV} et d'autres substances après l'addition d'un excès de complexone III à une solution à étudier
II *II*	Mo^{VI}, V^{IV} Ti^{IV}, V^{V}	V^{II} V^{II}	— —

Tableau 53

Conditions du titrage ampérométrique avec deux électrodes

Formes des courbes de titrage



En effectuant le titrage avec deux électrodes polarisées, il faut immerger simultanément celles-ci dans une solution titrée, ces électrodes ayant une surface suffisamment grande (contrairement au titrage ampérométrique classique opéré avec la microélectrode). On amène la tension aux électrodes à l'aide d'un diviseur de tension à partir d'une source externe du courant continu ayant la faible tension de sortie (~2 à 4 V). La valeur de la tension amenée aux électrodes est ajustée (en négligeant une grande précision) avec un voltmètre ordinaire de courant continu mis en circuit parallèlement aux électrodes.

Substance à doser	Titrant	Matériel des électrodes	Tension amenée aux électrodes (mV)
Ag^{I}	Cl^-, Br^-, I^-	Hg	de 1 à 10
Al^{III}	F^-	Pt	100

indicatrices polarisées (selon Songuina)

Dans la quatrième colonne du *Tableau 53* sont indiquées les tensions approximatives amenées aux électrodes qui provoquent la dépolarisation de ces dernières soit avant le point équivalent (PE), soit après le PE, soit au cours du processus global de titrage.

Dans la cinquième colonne sont présentés les systèmes d'oxydo-réduction dont les constituants font fonctionner le courant d'indicateur par dépolarisation des électrodes. Les traits dans cette colonne indiquent l'absence du courant d'indicateur soit avant, soit après le PE pour une tension donnée aux électrodes. Cela a lieu dans le titrage où les constituants d'un système d'oxydo-réduction formé ou existant dans une solution à titrer ne sont pas oxydables ou réductibles pour une tension amenée aux électrodes ou bien dans le titrage où l'une des formes conjuguées du couple rédox est absente.

Dans certains cas, suivant la composition et la valeur de la tension amenée aux électrodes, dans les réactions électrochimiques peuvent intervenir la forme oxydée d'un système et la forme réduite d'un autre, ce qui assure le courant d'indicateur avant et (ou) après le PE.

Dans la sixième colonne par chiffres romains sont indiquées les formes des courbes de titrage au voisinage du point équivalent.

Réactions d'électrode produisant le courant d'indicateur		Forme des courbes de titrage au voisinage du PE	Remarque
avant le PE	après le PE		
$Ag^{I}/Hg\downarrow$	–	*I*	On utilise comme électrodes le mercure de fond. Avant le PE, est oxydé le matériel d'électrode — $Hg\downarrow$ (anode) et sur la cathode est réduit Ag^{I}
–	–	*IV*	Le titrage est effectué en présence de Fe^{III}/Fe^{II}

Substance à doser	Titrant	Matériel des électrodes	Tension amenée aux électrodes (mV)
As^{III}	BrO_3^-	Pt	50
	$Fe(CN)_6^{3-}$	Pt	200
Au^{III}	Acide ascorbique	Pt	100
Ba^{II}	F^-	Pt	100
Br^-	Ag^I	Ag	10
	Hg^I	Hg	de 1 à 10
Ca^{II}	F^-	Pt	100
	Complexone III	Cathode — Pt et anode — Ag amalgamé	130
	$Fe(CN)_6^{4-}$	Pt	400

Tableau 53 (suite)

Réactions d'électrode produisant le courant d'indicateur		Forme des courbes de titrage au voisinage du PE	Remarque
avant le PE	après le PE		
–	Br_2/Br^-	*II*	Le titrage est opéré en présence de Br^-
–	$Fe(CN)_6^{3-}$/ /$Fe(CN)_6^{4-}$	*II*	Le titrage est opéré en présence de OsO_4 (catalyseur)
Au^{III}/Cl^-	–	*I*	Le titrage est effectué en milieu chlorhydrique. Avant le PE, Au^{III} est réduit sur la cathode et Cl^- est oxydé sur l'anode
–	–	*IV*	Le titrage est effectué en présence de Fe^{III}/Fe^{II}
–	$Ag^I/Ag\downarrow$	*II*	Après le PE, est oxydé le matériel d'électrode — $Ag\downarrow$ (anode)
–	$Hg^I/Hg\downarrow$	*II*	On utilise comme électrodes le mercure de fond. Après le PE, est oxydé le matériel d'électrode — $Hg\downarrow$ (anode)
–	–	*IV*	Le titrage est effectué en présence de Fe^{III}/Fe^{II}
–	–	*IV*	Le titrage est réalisé en milieu basique en présence de Hg^{II}
–	$H^+/Fe(CN)_6^{4-}$	*II*	Comme réactif titrant on utilise $(NH_4)_4Fe(CN)_6$. Après le PE, H^+ est réduit sur la cathode et $Fe(CN)_6^{4-}$ est oxydé sur l'anode

Substance à doser	Titrant	Matériel des électrodes	Tension amenée aux électrodes (mV)
Cd^{II}	$Fe(CN)_6^{4-}$	Pt	200
Ce^{IV}	Acide ascorbique, acide oxalique	Pt	200
	Fe^{II}	Pt	200
	N-benzoylphényl-hydroxylamine	Pt	800
	Cupferron	Pt	1 000
Cl^-	Ag^I	Ag	de 1 à 10
	Hg^I	Hg	de 1 à 10
Co^{III}	Acide ascorbique	Pt	100
Co^{II}	Ce^{IV}, $Cr_2O_7^{2-}$, VO_3^-	Pt	100
	Fe^{III}	Pt	1 000

Tableau 53 (suite)

Réactions d'électrode produisant le courant d'indicateur		Forme des courbes de titrage au voisinage du PE	Remarque
avant le PE	après le PE		
–	$Fe(CN)_6^{3-}$/ /$Fe(CN)_6^{4-}$	*II*	Le titrage est effectué en présence de $Fe(CN)_6^{3-}$
Ce^{IV}/Ce^{III}	–	*I*	–
Ce^{IV}/Ce^{III}	Fe^{III}/Fe^{II}	*III*	–
Ce^{IV}/H_2O ou électrolyte-support	–	*I*	Avant le PE, Ce^{IV} est réduit sur la cathode, tandis que l'eau ou l'électrolyte-support tel que Cl^- sont oxydés sur l'anode dans le cas où l'on titre en milieu chlorhydrique ou en présence de chlorure
Ce^{IV}/Ce^{III}	H^+/cupferron	*III*	Avant le PE, le cupferron réduit Ce^{IV}. Après le PE, H^+ est réduit sur la cathode, alors que le cupferron est oxydé sur l'anode
–	$Ag^I/Ag\downarrow$	*II*	Après le PE, est oxydé le matériel d'électrode — $Ag\downarrow$ (anode)
–	$Hg^I/Hg\downarrow$	*II*	On utilise comme électrodes le mercure de fond. Après le PE, est oxydé le matériel d'électrode — $Hg\downarrow$ (anode)
Mécanisme n'est pas mis en évidence		–	On titre une solution de complexe carbonaté de cobalt (III)
Mécanisme n'est pas mis en évidence		–	On effectue le titrage en présence de complexone III
Mécanisme n'est pas mis en évidence		–	On opère le titrage en présence de phénanthroline

Substance à doser	Titrant	Matériel des électrodes	Tension amenée aux électrodes (mV)
Cr^{IV}	Fe^{II} Fe^{II}	Pt Pt	100 150
Cu^{II}	Complexone III	Cu	20
	Complexone III	Pt, graphite	de 1 000 à 1 400
Fe^{III}	Complexone III	Pt, graphite	de 1 000 à 1 400
	Acide ascorbique	Pt	100
Fe^{II}	Ce^{IV}, MnO_4^-, $Cr_2O_7^{2-}$	Pt	100
	CrO_3	Pt	150
$Fe(CN)_6^{3-}$	AsO_2^-	Pt	150

Tableau 53 (suite)

Réactions d'électrode produisant le courant d'indicateur		Forme des courbes de titrage au voisinage du PE	Remarque
avant le PE	après le PE		
– –	Fe^{III}/Fe^{II} Fe^{III}/Fe^{II}	*II* *II*	– Le titrage est effectué avec une solution de perchlorate ferreux (II) dans de l'acide acétique glacial
$Cu^{II}/Cu\downarrow$ –	– H^{++} complexonate de cuivre (II)/complexone III	*I* *II*	Avant le PE, est oxydé le matériel d'électrode — Cu↓ (anode) et sur la cathode est réduit Cu^{II} Après le PE, H^+ et le complexonate de cuivre (II) sont simultanément réduits sur la cathode, alors que la complexone III est oxydée sur l'anode
– Fe^{III}/Fe^{II}	H^++complexonate de fer (III)/ /complexone III –	*II* *I*	Après le PE, H^+ et le complexonate de fer (III) sont simultanément réduits sur la cathode, tandis que la complexone III est oxydée sur l'anode –
Fe^{III}/Fe^{II} Fe^{III}/Fe^{II} $Fe(CN)_6^{3-}$/ /$Fe(CN)_6^{4-}$	– – –	*I* *I* *I*	– Le titrage est effectué avec une solution de perchlorate ferreux (II) dans de l'acide acétique glacial Le titrage est opéré en présence de OsO_4 (catalyseur). On peut utiliser cette réaction pour le dosage indirect de Hg^I, Co^{II}, Sn^{II}, Sb^{III}, As^{III}, Se^{IV} et d'autres ions par titrage d'un excès de $Fe(CN)_6^{3-}$

Substance à doser	Titrant	Matériel des électrodes	Tension amenée aux électrodes (mV)
$Fe(CN)_6^{4-}$	MnO_4^-	Pt	150
	Ce^{IV}	Pt	150
	Zn^{II}	Pt	150
Ga^{III}	$Fe(CN)_6^{4-}$	Pt	200
H_2O	Réactif de Fischer	Pt	30
Hg^{II}	Complexone III	Hg	de 1 à 10
	I^-	Pt	30
Hg^{I}	CN^-, SCN^-, Cl^-, Br^-, I^-	Hg	de 1 à 10
In^{III}	$Fe(CN)_6^{4-}$	Pt	200

Tableau 53 (suite)

Réactions d'électrode produisant le courant d'indicateur		Forme des courbes de titrage au voisinage du PE	Remarque
avant le PE	après le PE		
$Fe(CN)_6^{3-}$/ /$Fe(CN)_6^{4-}$	–	*I*	–
$Fe(CN)_6^{3-}$/ /$Fe(CN)_6^{4-}$	Ce^{IV}/Ce^{III}	*III*	–
$Fe(CN)_6^{-3}$/ /$Fe(CN)_6^{4-}$	–	*I*	Le titrage est réalisé en présence de $Fe(CN)_6^{3-}$. On peut utiliser comme réactif titrant aussi d'autres cations formant des précipités peu solubles avec le ferrocyanure, l'hexacyanoferrate (II), par exemple Cd^{II}
–	$Fe(CN)_6^{3-}$/ /$Fe(CN)_6^{4-}$	*II*	Le titrage est effectué en présence de $Fe(CN)_6^{3-}$
–	I_2/I^-	*II*	Cette réaction est utilisée pour doser l'eau dans des substances organiques et minérales
$Hg^{II}/Hg\downarrow$	–	*I*	On utilise comme électrodes le mercure de fond. Avant le PE, est oxydé le matériel d'électrode — $Hg\downarrow$ (anode)
–	I_2/I^-	*II*	Le titrage est effectué en présence de $Cr_2O_7^{2-}$ ou de I_2
$Hg^{I}/Hg\downarrow$	–	*I*	On utilise comme électrodes le mercure de fond. Avant le PE, est oxydé le matériel d'électrode — $Hg\downarrow$ (anode)
–	$Fe(CN)_6^{3-}$/ /$Fe(CN)_6^{4-}$	*II*	Le titrage est effectué en présence de $Fe(CN)_6^{3-}$

Substance à doser	Titrant	Matériel des électrodes	Tension amenée aux électrodes (mV)
I_2	AsO_2^-, $S_2O_3^{2-}$, N_2H_4, HCl	Hg	30
I^-	Ag^I	Ag	10
	Ag^I	Pt	30
K^+	Ag^+	Ag	25
La^{III}	$Fe(CN)_6^{4-}$	Pt	400
Mg^{II}	BrO_3^-	Pt	50
	Complexone III	Cathode — Pt et anode — Ag amalgamé	210
MnO_4^-	Fe^{II}	Pt	100
	Fe^{II}	Pt	150

Tableau 53 (suite)

Réactions d'électrode produisant le courant d'indicateur		Forme des courbes de titrage au voisinage du PE	Remarque
avant le PE	après le PE		
I_2/I^-	–	*I*	On peut utiliser cette réaction pour le dosage indirect de Cl_2, H_2O_2, O_2, Cu^{II}, Tl^{III}, Se^{IV} et d'autres substances par titrage de I_2 dégagé après l'addition d'un excès d'iodure
–	$Ag^{I}/Ag\downarrow$	*II*	Après le PE, est oxydé le matériel d'électrode — $Ag\downarrow$ (anode)
I_2/I^-	–	*I*	Le titrage est effectué en présence de I_2
–	$Ag^{I}/Ag\downarrow$	*I*	Le titrage du tétraphénylborate de potassium est opéré dans l'acétone. Après le PE, est oxydé le matériel d'électrode — $Ag\downarrow$ (anode)
–	$H^+/Fe(CN)_6^{3-}$	*II*	Après le PE, H^+ est réduit sur la cathode
–	Br_2/Br^-	*II*	Le titrage de l'oxyquinoléate de magnésium est effectué en présence de Br^-
–	Complexonate de mercure (II) $Hg\downarrow$	*IV*	Le titrage est effectué dans une solution tampon ammoniacale en présence de Hg^{II}
–	Fe^{III}/Fe^{II}	*II*	–
	Fe^{III}/Fe^{II}	*II*	Le titrage est effectué avec une solution de perchlorate ferreux (II) dans de l'acide acétique glacial

Substance à doser	Titrant	Matériel des électrodes	Tension amenée aux électrodes (mV)
Mn^{II}	MnO_4^-	Cathode — Pt, anode — Ag	Sans amener la tension
Mo^{VI}	Pb^{II}	Pt	1 300
NO_3^-	Fe^{II}	Pt	100
Ni^{II}	Diméthylglyoxime	Cathode — Ag amalgamé et anode — Pt	1 500
	I_2	Pt	30
So^{2-}	ICl	Pt	800
$S_2O_3^{2-}$	I_2, IO_3^-	Pt	de 30 à 100
SCN^-	Ce^{IV}	Pt	200
Sb^{III}	BrO_3^-	Pt	de 50 à 100
Sn^{II}	I_2	Pt	30
Th^{IV}	Complexone III	Pt	100

Tableau 53 (suite)

Réactions d'électrode produisant le courant d'indicateur		Forme des courbes de titrage au voisinage du PE	Remarque
avant le PE	après le PE		
–	$MnO_4^-/Ag\downarrow$	*II*	Après le PE, est oxydé le matériel d'électrode — Ag ↓ (anode) et sur la cathode est réduit MnO_4^-
–	H^+/Pb^{II}	*II*	Après le PE, H^+ est réduit sur la cathode, tandis que Pb^{II} est oxydé sur l'anode
–	Fe^{III}/Fe^{II}	*II*	–
Ni^{II}/OH^-	–	*I*	Avant le PE, Ni^{II} est réduit sur la cathode, tandis que OH^- est oxydé sur l'anode (milieu basique)
–	I_2/I^-	*II*	Le titrage est opéré en présence de diméthylglyoxime
–	I_2/I^-	*II*	Le titrage est effectué dans de l'acide acétique glacial
–	I_2/I^-	*II*	–
–	Ce^{IV}/Ce^{III}	*II*	Le titrage est effectué en présence de pyridine et de ICl (catalyseur). On peut utiliser cette réaction pour doser indirectement Cu^{II}, Co^{II}, Cd^{II}, Ni^{II} par titrage d'un excès de SCN^-
–	Br_2/Br^-	*II*	–
–	I_2/I^-	*II*	–
–	–	*IV*	Le titrage est effectué en présence de Fe^{III}/Fe^{II}

Substance à doser	Titrant	Matériel des électrodes	Tension amenée aux électrodes (mV)
Ti^{III}	Ce^{IV}	Pt	100
Tl^{III}	Complexone III	Pt, graphite	de 1 000 à 1 400
Tl^{I}	$Fe(CN)_6^{3-}$ Ce^{IV}	Pt Pt	400 100
U^{IV}	VO_3^- Fe^{III} Complexone III	Pt Pt Pt	de 200 à 300 100 500
V^{V}	Fe^{II}	Pt	100
W^{VI}	Pb^{I}	Pt	1 500
Y^{III}	Cupferron	Pt^{II}	de 1 000 à 1 200
Zn^{II}	$Fe(CN)_6^{4-}$	Pt	200

Tableau 53 (suite)

Réactions d'électrode produisant le courant d'indicateur		Forme des courbes de titrage au voisinage du PE	Remarque
avant le PE	après le PE		
–	Ce^{IV}/Ce^{III}	*II*	–
–	H^+ + complexonate de thallium (III)/complexone III	*II*	Après le PE, H^+ et le complexonate de thallium (III) sont simultanément réduits sur la cathode, alors que la complexone III est oxydée sur l'anode
–	$H^+/Fe(CN)_6^{4-}$	*II*	Après le PE, H^+ est réduit sur la cathode, tandis que $Fe(CN)_6^{4-}$ est oxydé sur l'anode
–	Ce^{IV}/Ce^{III}	*II*	–
–	V^V/V^{IV}	*II*	–
–	Fe^{III}/Fe^{II}	*II*	–
H^+/U^{IV}	–	*I*	Avant le PE, H^+ est réduit sur la cathode, tandis que U^{IV} est oxydé sur l'anode
–	Fe^{III}/Fe^{II}	*II*	–
–	H^+/Pb^{II}	*II*	Après le PE, H^+ est réduit sur la cathode, tandis que Pb^{II} est oxydé sur l'anode
–	H^+/cupferron	*II*	Après le PE, H^+ est réduit sur la cathode, tandis que le cupferron est oxydé sur l'anode
–	$Fe(CN)_6^{3-}/Fe(CN)_6^{4-}$	*II*	Le titrage est effectué en présence de $Fe(CN)_6^{3-}$

Tableau 54

Surtension de l'hydrogène et de l'oxygène sur les électrodes différentes

(à la température ambiante)

La surtension η_{H_2} en fonction de la densité de courant est exprimée par l'équation

$$\eta_{H_2} = 0,116 \lg i + k$$

où k est la constante qui dépend de la nature de l'électrode. La valeur de la surtension décroît avec l'élévation de la température de 3 mV/°C. En milieu basique la surtension de l'hydrogène est, dans la règle, un peu plus élevée qu'en milieu acide (de 0,1 à 0,3 V). La surtension de l'oxygène en milieu basique dépasse de 1 V la surtension en milieu acide. La surtension du dépôt des métaux est beaucoup plus faible que celle des gaz.

Electrode	Solution	Densité de courant (A/cm²) — surtension (V): 0,00005 et moins	0,0001	0,001	0,01	0,1
		Hydrogène				
Palladium	2 N H_2SO_4	−0,26	—	—	—	—
Platine (lame platinée)	Idem	0,000	—	—	0,03	0,04
Platine (lame plate)	2 N H_2SO_4	0,008	—	—	0,07	0,29
	5 N H_2SO_4	—	0,04	0,10	0,22	—
Or	2 N H_2SO_4	0,017	—	—	0,39	0,59
	5 N H_2SO_4	—	0,33	0,44	0,55	—
Cobalt	2 N H_2SO_4	0,067	—	—	—	—
Argent	2 N H_2SO_4	0,97	—	—	—	—
	5 N H_2SO_4	—	0,45	0,57	0,69	—
Vanadium	2 N H_2SO_4	0,135	—	—	—	—
Nickel	2 N H_2SO_4	0,138	—	—	—	—
	0,15 N HCl	—	0,18	0,28	—	—
	0,4 N NaOH	—	0,18	0,29	—	—

Tableau 54 (suite)

Electrode	Solution	Densité de courant (A/cm²) 0,00005 et moins	0,0001	0,001	0,01	0,1
		surtension (V)				
Tungstène	2 N H_2SO_4	0,157	—	—	—	—
Molybdène	2 N H_2SO_4	0,168	—	—	—	—
Fer	2 N H_2SO_4	0,175	—	—	0,56	0,82
	1 N HCl	—	—	0,33	0,46	—
	5 N NaOH	—	0,32	—	—	—
Chrome	2 N H_2SO_4	0,182	—	—	—	—
Cuivre	1 N H_2SO_4	—	0,83	0,94	1,04	—
	2 N H_2SO_4	0,190	—	—	0,58	0,85
Antimoine	2 N H_2SO_4	0,233	—	—	—	—
Titane	2 N H_2SO_4	0,236	—	—	—	—
Aluminium	2 N H_2SO_4	0,296	—	—	—	—
Carbone	2 N H_2SO_4	0,335	0,77	0,88	1,0	—
Arsénic	2 N H_2SO_4	0,369	—	—	—	—
Bismuth	2 N H_2SO_4	0,388	—	—	—	—
Cadmium	1 N H_2SO_4	—	—	0,98	1,3	—
	2 N H_2SO_4	0,392	—	—	—	—
Etain	2 N H_2SO_4	0,401	—	—	1,08	1,22
Plomb	2 N H_2SO_4	0,402	0,98	1,1	1,21	—
Zinc	2 N H_2SO_4	0,482	—	—	0,75	1,06
Mercure	1 N H_2SO_4	—	0,93	1,04	1,16	—
	2 N H_2SO_4	0,570	—	—	1,04	1,07
Oxygène						
Platine (lame plate)	En milieu acide	—	—	—	~0,4 *	—
	0,2 N H_2SO_4	—	0,67	0,78	—	—
Dioxyde de plomb	8 N H_2SO_4	—	0,97	1,08	1,19	—
Fer	2 N NaOH	—	0,44	0,48	0,52	—

* 0,023 A/cm².

Tableau 55

Potentiels de décomposition des solutions 1 N de certains composés

Composés	Potentiel de décomposition (V)	Composés	Potentiel de décomposition (V)
Sels		*Acides*	
$AgNO_3$	0,70	HI	0,52
$CuSO_4$	1,49	HBr	0,94
$Pb(NO_3)_2$	1,52	$(COOH)_2$	0,95
$CoCl_2$	1,78	HCl	1,31
$ZnBr_2$	1,80	$HClO_4$	1,65
$NiCl_2$	1,85	H_2SO_4	1,67
$CdCl_2$	1,88	HNO_3	1,69
$CoSO_4$	1,92	$CH_2(COOH)_2$	1,69
$Cd(NO_3)_2$	1,98	H_3PO_4	1,70
$CdSO_4$	2,03	$CH_2ClCOOH$	1,72
$NiSO_4$	2,09	*Bases*	
$ZnSO_4$	2,35	KOH	1,67
		NaOH	1,69
		NH_4OH	1,74

Tableau 56

Photométrie des flammes

Les longueurs d'onde des lignes de spectre et des maximums des bandes moléculaires recommandées pour doser les éléments à l'aide du spectrophotomètre à l'optique de verre en utilisant la flamme aéro-acétylénique.

(Les valeurs des longueurs d'onde des bandes moléculaires sont mises en italique)

Elément	Longueur d'onde (nm)	Elément	Longueur d'onde (nm)
Baryum	*870,0*	Lithium	670,8
Bore	*545,0 à 548,0*	Magnésium	*384,0*
Calcium	422,7	Manganèse	403,1 à 403,4
Calcium	*622,0*	Phosphore	548,0
Césium	852,1	Potassium	766,5 à 769,9
Chrome	425,4	Rubidium	794,8
Europium	459,4	Sodium	589,0 à 589,6
Fer	386,0	Strontium	460,7
Gallium	417,2	Thallium	535,1
Indium	451,1	Ytterbium	398,8
Lanthane	*438,0*	Yttrium	*613,0 à 616,6*
Lanthane	*794,0*		

Tableau 57

Conversion des unités anglaises et américaines en unités métriques

Nom	Equivalent métrique
Mesures de longueur	
1 mille = 1760 yards = 5280 pieds = 63 360 pouces ...	1,6093 km
1 yard = 3 pieds = 36 pouces	0,9144 m
1 pied = 12 pouces	0,3048 m
1 pouce	2,5400 cm
Mesures de capacité et de volume pour les liquides	
1 gallon (angl.) = 4 quartes = 8 pintes = 32 gills = 160 onces liq.	4,546 l
1 gallon (amér.) = 4 quartes = 8 pintes = 32 gills = 128 onces liq.	3,785 l
1 gallon (angl.) = 1,2009 gallons (amér.)	4,546 l
1 pinte (angl.) = 4 gills = 20 onces liq. = 160 drachmes liq. = 9600 minims	0,5683 l
1 pinte (amér.) = 4 gills = 16 onces liq. = 128 drachmes liq. = 7680 minims	0,4732 l
1 once liq. (angl.) = 8 drachmes liq. = 480 minims ..	28,41 ml
1 once liq. (amér.) = 8 drachmes liq. = 480 minims .	29,57 ml
1 drachme liq. (angl.) = 60 minims = 3 scrupules liq. ...	3,552 ml
1 drachme liq. (amér.)	3,697 ml
1 scrupule liq. (angl.) = 20 minims	1,184 ml
1 minim (angl.)	0,05919 ml
1 minim (amér.)	0,06161 ml
Mesures de masse (Commerciales)	
1 livre comm. angl. (lb) = 16 onces (comm.) = 256 drachmes = 7000 grains	453,59 g
1 tonne angl. (longue) = 2240 livres comm.	1016,05 kg
1 tonne angl. (courte) = 2000 livres comm.	907,185 kg

Tableau 57 (suite)

Nom	Equivalent métrique
1 once comm. = 16 drachmes = 437,5 grains	28,35 g
1 drachme comm. = 27,34 grains	1,772 g
1 grain	0,0648 g
Mesures d'énergie et de chaleur	
1 livre-pied angl. = 0,1383 kgm	1,356 J
1 force/h brit. = 0,746 kWh = 274 000 kgm = 1,014 force/h métr.	4690 kJ
1 unité therm. brit. (BTU) = quantité de chaleur élevant la température de 1 livre angl. d'eau à 1 °F	0,252 kcal
Mesures de puissance	
1 livre-pied angl. par 1 s = 0,0018144 CV (métr.) ..	1,356 W
1 CV brit. = 1,014 CV métr.	0,746 kW

Tableau 58

Table simplifiée des mantisses à cinq chiffres de logarithmes

Dans chaque ligne sont présents les partages proportionnels des *valeurs moyennes* de différences entre les nombres figurant dans cette ligne (au lieu de leurs valeurs réelles). Cette simplification fait apparaître des

A. **Logarithmes**

N	0	1	2	3	4	5	6
10	00 000	00 432	00 860	01 284	01 703	02 119	02 531
11	04 139	04 532	04 922	05 308	05 690	06 070	06 646
12	07 918	08 279	08 636	08 991	09 342	09 691	10 037
13	11 394	11 727	12 057	12 385	12 710	13 033	13 354
14	14 613	14 922	15 229	15 534	15 836	16 137	16 435
15	17 609	17 898	18 184	18 469	18 752	19 033	19 312
16	20 412	20 683	20 951	21 219	21 484	21 748	22 011
17	23 045	23 300	23 553	23 805	24 055	24 304	24 551
18	25 527	25 768	26 007	26 245	26 482	26 717	26 951
19	27 875	28 103	28 330	28 556	28 780	29 003	29 226

erreurs dans les valeurs des mantisses de logarithmes, mais ces erreurs ne dépassent pas 0,00002. L'utilisation du *Tableau 58* est aussi facile et commode que celle des tables des mantisses à quatre chiffres de logarithmes.

7	8	9	Partages proportionnels des *valeurs moyennes* de différences								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
			42	85	127	170	212	254	297	339	381
02 938	03 342	03 743	40	81	121	162	202	242	283	323	364
			37	77	116	154	193	232	270	309	348
06 819	07 188	07 555	37	74	111	148	185	222	259	296	333
			36	71	106	142	177	213	248	284	319
10 380	10 721	11 059	34	68	102	136	170	204	238	272	307
			33	66	98	131	164	197	229	262	295
13 672	13 988	14 301	32	63	95	126	158	190	221	253	284
			30	61	91	122	152	183	213	244	274
16 732	17 026	17 319	29	59	88	118	147	177	206	236	265
			28	57	85	114	142	171	199	228	256
19 590	19 866	20 140	28	55	83	110	138	165	193	221	248
			27	53	80	107	134	160	187	214	240
22 272	22 531	22 789	26	52	78	104	130	156	182	208	233
			26	50	76	101	126	151	176	201	227
24 797	25 042	25 285	25	49	73	58	122	147	171	196	220
			24	48	71	95	119	143	167	190	214
27 184	27 416	27 646	23	46	69	93	116	139	162	185	208
			23	45	68	90	113	135	158	180	203
29 447	29 667	29 885	22	44	66	88	110	132	154	176	198

Logarithmes

N	0	1	2	3	4	5	6
20	30 103	30 320	30 535	30 750	30 963	31 175	31 387
21	32 222	32 428	32 634	32 838	33 041	33 244	33 445
22	34 242	34 439	34 635	34 830	35 025	35 218	35 411
23	36 173	36 361	36 549	36 736	36 922	37 107	37 291
24	38 021	38 202	38 382	38 561	38 739	38 917	39 094
25	39 794	39 967	40 140	40 312	40 483	40 654	40 824
26	41 497	41 664	41 830	41 996	42 160	42 325	42 488
27	43 136	43 297	43 457	43 616	43 775	43 933	44 091
28	44 716	44 871	45 025	45 179	45 332	45 484	25 637
29	46 240	46 389	46 538	46 687	46 835	46 982	47 129
30	47 712	47 857	48 001	48 144	48 287	48 430	48 572
31	49 136	49 276	49 415	49 554	49 693	49 831	49 969
32	50 515	50 650	50 786	50 920	51 054	51 188	51 322
33	51 851	51 983	52 114	52 244	52 375	52 504	52 634
34	53 148	53 275	53 403	53 529	53 656	53 782	53 908
35	54 407	54 531	54 654	54 777	54 900	55 023	55 145
36	55 630	55 751	55 871	55 991	56 110	56 229	56 348
37	56 820	56 937	57 054	57 171	57 287	57 403	57 519
38	57 978	58 092	58 206	58 320	58 433	58 546	58 659
39	59 106	59 218	59 329	59 439	59 550	59 660	59 770
40	60 206	60 314	60 423	60 531	60 638	60 746	60 853
41	61 278	61 384	61 490	61 595	61 700	61 805	61 909
42	62 325	62 428	62 531	62 634	62 737	62 839	62 941
43	63 347	63 448	63 548	63 649	63 749	63 849	63 949
44	64 345	64 444	64 542	64 640	64 738	64 836	64 933
45	65 321	65 418	65 514	66 610	65 706	65 801	65 896
46	66 276	66 370	66 464	66 558	66 652	66 745	66 839
47	67 210	67 302	67 394	67 486	67 578	67 669	67 761
48	68 124	68 215	68 305	68 395	68 485	68 574	68 664
49	69 020	69 108	69 197	69 285	69 373	69 461	69 548

Tableau 58 (suite)

7	8	9	Partages proportionnels des *valeurs moyennes* de différences								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
31 597	31 806	32 015	21	43	64	85	106	127	148	170	190
33 646	33 846	34 044	20	41	61	81	101	121	141	162	182
35 603	35 793	35 984	20	39	58	77	97	116	135	154	174
37 475	37 658	37 840	19	37	56	74	93	111	130	148	167
39 270	39 445	39 620	18	35	53	71	89	106	124	142	159
40 993	41 162	41 330	17	34	51	68	85	102	119	136	153
42 651	42 813	42 975	16	33	49	66	82	98	115	131	148
44 248	44 404	44 560	16	32	47	63	79	95	111	126	142
45 788	45 939	46 090	15	30	46	61	76	91	107	122	137
47 276	47 422	47 567	15	29	44	59	74	88	103	118	132
48 714	48 855	48 996	14	29	43	57	72	86	100	114	129
50 106	50 243	50 379	14	28	41	55	69	83	97	110	124
51 455	51 587	51 720	13	27	40	54	67	80	94	107	121
52 763	52 892	53 020	13	26	39	52	65	78	91	104	117
54 033	54 158	54 283	13	25	38	50	63	76	88	101	113
55 267	55 388	55 509	12	24	37	49	61	73	85	98	110
56 467	56 585	56 703	12	24	36	48	60	71	83	95	104
57 634	57 749	57 864	12	23	35	46	58	70	81	93	104
58 771	58 883	58 995	11	23	34	45	57	68	79	90	102
59 879	59 988	60 097	11	22	33	44	55	66	77	88	99
60 959	61 066	61 172	11	21	32	43	54	64	75	86	97
62 014	62 118	62 221	10	21	31	42	53	63	74	84	95
63 043	63 144	63 246	10	20	31	41	51	61	71	82	92
64 048	64 147	64 246	10	20	30	40	50	60	70	80	90
65 031	65 128	65 225	10	20	29	39	49	59	68	78	88
65 992	66 087	66 181	10	19	29	38	48	57	67	76	86
66 932	67 025	67 117	9	19	28	37	47	56	65	74	84
67 852	67 943	68 034	9	18	27	36	46	55	64	73	82
68 753	68 842	68 931	9	18	27	36	45	53	63	72	81
69 636	69 723	69 810	9	18	26	35	44	53	62	70	79

Logarithmes

N	0	1	2	3	4	5	6
50	69 897	69 984	70 070	70 157	70 243	70 329	70 415
51	70 757	70 842	70 927	71 012	71 096	71 181	71 265
52	71 600	71 684	71 767	71 850	71 933	72 016	72 099
53	72 428	72 509	72 591	72 673	72 754	72 835	72 916
54	73 239	73 320	73 400	73 480	73 560	73 640	73 719
55	74 036	74 115	74 194	74 273	74 351	74 429	74 507
56	74 819	74 896	74 974	75 051	75 128	75 205	75 282
57	75 587	75 664	75 740	75 815	75 891	75 967	76 042
58	76 343	76 418	76 492	76 567	76 641	76 716	76 790
59	77 085	77 159	77 232	77 305	77 379	77 452	77 525
60	77 815	77 887	77 960	78 032	78 104	78 176	78 247
61	78 533	78 604	78 675	78 746	78 817	78 888	78 958
62	79 239	79 309	79 379	79 449	79 518	79 588	79 657
63	79 934	80 003	80 072	80 140	80 209	80 277	80 346
64	80 618	80 686	80 754	80 821	80 889	80 956	81 023
65	81 291	81 358	81 425	81 491	81 558	81 624	81 690
66	81 954	82 020	82 086	82 151	82 217	82 282	82 347
67	82 607	82 672	82 737	82 802	82 866	82 930	82 995
68	83 251	83 315	83 378	83 442	83 506	83 569	83 632
69	83 885	83 948	84 011	84 073	84 136	84 198	84 261
70	84 510	84 572	84 634	84 696	84 757	84 819	84 880
71	85 126	85 187	85 248	85 309	85 370	85 431	85 491
72	85 733	85 794	85 854	85 914	85 974	86 034	86 094
73	86 332	86 392	86 451	86 510	86 570	86 629	86 688
74	86 923	86 982	87 040	87 099	87 157	87 216	87 247
75	87 506	87 564	87 622	87 679	87 737	87 795	87 852
76	88 081	88 138	88 195	88 252	88 309	88 366	88 423
77	88 649	88 705	88 762	88 818	88 874	88 930	88 986
78	89 209	89 265	89 321	89 376	89 432	89 487	89 542
79	89 763	89 818	89 873	89 927	89 982	90 037	90 091

Tableau 58 (suite)

7	8	9	Partages proportionnels des *valeurs moyennes* de différences 1	2	3	4	5	6	7	8	9
70 501	70 586	70 672	9	17	26	34	43	52	60	69	77
71 349	71 433	71 517	8	17	25	34	42	50	59	67	76
72 181	72 263	72 346	8	17	25	33	42	50	58	66	75
72 997	73 078	73 159	8	16	24	32	41	49	57	65	73
73 799	73 878	73 957	8	16	24	32	40	48	56	64	72
74 586	74 663	74 741	8	16	23	31	39	47	55	63	70
75 358	75 435	75 511	8	15	23	31	39	46	54	62	69
76 118	76 193	76 268	8	15	23	30	38	45	53	60	68
76 864	76 938	77 012	7	15	22	30	37	44	52	59	67
77 597	77 670	77 743	7	15	22	29	37	44	51	58	66
78 319	78 390	78 462	7	14	22	29	36	43	50	58	65
79 029	79 099	79 169	7	14	21	28	36	43	50	57	64
79 727	79 796	79 865	7	14	21	28	35	41	48	55	62
80 414	80 482	80 550	7	14	20	27	34	41	48	54	61
81 090	81 158	81 224	7	13	20	27	34	40	47	54	60
81 757	81 823	81 889	7	13	20	26	33	40	46	53	59
82 413	82 478	82 543	7	13	20	26	33	39	46	52	59
83 059	83 123	83 187	6	13	19	26	32	38	45	51	58
83 696	83 759	83 822	6	13	19	25	32	38	44	50	57
84 323	84 386	84 448	6	12	19	25	31	37	43	50	56
84 942	85 003	85 065	6	12	19	25	31	37	43	50	56
85 552	85 612	85 673	6	12	18	24	31	37	43	49	55
86 153	86 213	86 273	6	12	18	24	30	36	42	48	54
86 747	86 806	86 864	6	12	18	24	30	35	41	47	53
87 332	87 390	87 448	6	12	17	23	29	35	41	46	52
87 910	87 967	88 024	6	12	17	23	29	35	41	46	52
88 480	88 536	88 593	6	11	17	23	29	34	40	46	51
89 042	89 098	89 154	6	11	17	22	28	34	39	45	50
89 597	89 653	89 708	6	11	17	22	28	33	39	44	50
90 146	90 200	90 255	6	11	17	22	28	33	39	44	50

Logarithmes

N	0	1	2	3	4	5	6
80	90 309	90 363	90 417	90 472	90 526	90 580	90 634
81	90 848	90 902	90 956	91 009	91 062	91 116	91 169
82	91 381	91 434	91 487	91 540	91 593	91 645	91 698
83	91 908	91 960	92 012	92 064	92 117	92 169	92 221
84	92 428	92 480	92 531	92 583	92 634	92 686	92 737
85	92 942	92 993	93 044	93 095	93 146	93 197	93 247
86	93 450	93 500	93 551	93 601	93 651	93 702	93 752
87	93 952	94 002	94 052	94 101	94 151	94 201	94 250
88	94 448	94 498	94 547	94 596	94 645	94 694	94 743
89	94 939	94 988	95 036	95 085	95 134	95 182	95 231
90	95 424	95 472	95 521	95 569	95 617	95 665	95 713
91	95 904	95 952	95 999	96 047	96 095	96 142	96 190
92	96 379	96 426	96 473	96 520	96 567	96 614	96 661
93	96 848	96 895	96 942	96 988	97 035	97 081	97 128
94	97 313	97 359	97 405	97 451	97 497	97 543	97 589
95	97 772	97 818	97 864	97 909	97 955	98 000	98 046
96	98 227	98 272	98 318	98 363	98 408	98 453	98 498
97	98 677	98 722	98 767	98 811	98 856	98 900	98 945
98	99 123	99 167	99 211	99 255	99 300	90 344	99 388
99	99 564	99 607	99 651	99 695	99 739	99 782	99 826

Tableau 58 (suite)

7	8	9	Partages proportionnels des *valeurs moyennes* de différences								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
90 687	90 741	90 795	5	11	16	22	27	32	38	43	49
91 222	91 275	91 328	5	11	16	21	27	32	37	42	48
91 751	91 803	91 855	5	11	16	21	27	32	37	42	48
92 273	92 324	92 376	5	10	16	21	26	31	36	42	47
92 788	92 840	92 891	5	10	15	20	26	31	36	41	46
93 298	93 349	93 399	5	10	15	20	26	31	36	41	46
93 803	93 852	93 902	5	10	15	20	25	30	35	40	45
94 300	94 349	94 399	5	10	15	20	25	30	35	40	45
94 792	94 841	94 890	5	10	15	20	25	29	34	39	44
95 279	95 328	95 376	5	10	15	19	24	29	34	39	44
95 761	95 809	95 856	5	10	14	19	24	29	34	38	43
96 237	96 284	96 332	5	9	14	19	24	28	33	38	42
96 708	96 755	96 802	5	9	14	19	24	28	33	38	42
97 174	97 220	97 267	5	9	14	18	23	28	32	38	42
97 635	97 681	97 727	5	9	14	18	23	28	32	37	42
98 091	98 137	98 182	5	9	14	18	23	27	32	36	41
98 543	98 588	98 632	5	9	14	18	23	27	32	36	41
98 989	99 034	99 078	4	9	13	18	22	27	31	36	40
99 432	99 476	99 520	4	9	13	18	22	26	31	35	40
99 870	99 913	99 957	4	9	13	17	22	26	31	35	39

B. Antilogarithmes

lg	0	1	2	3	4	5	6
.00	10 000	10 023	10 046	10 069	10 093	10 116	10 139
.01	10 233	10 257	10 280	10 304	10 328	10 351	10 375
.02	10 471	10 495	10 520	10 544	10 568	10 593	10 617
.03	10 715	10 740	10 765	10 789	10 814	10 839	10 864
.04	10 965	10 990	11 015	11 041	11 066	11 092	11 117
.05	11 220	11 246	11 272	11 298	11 324	11 350	11 376
.06	11 482	11 508	11 535	11 561	11 588	11 614	11 641
.07	11 749	11 776	11 803	11 830	11 858	11 885	11 912
.08	12 023	12 050	12 078	12 106	12 134	12 162	12 190
.09	12 303	12 331	12 359	12 388	12 417	12 445	12 474
.10	12 589	12 618	12 647	12 677	12 706	12 735	12 764
.11	12 882	12 912	12 942	12 972	13 002	13 032	13 062
.12	13 183	13 213	13 243	13 274	13 305	13 335	13 366
.13	13 490	13 521	13 552	13 583	13 614	13 646	13 677
.14	13 804	13 836	13 868	13 900	13 932	13 964	13 996
.15	14 125	14 158	14 191	14 223	14 256	14 289	14 322
.16	14 454	14 488	14 521	14 555	14 588	14 622	14 655
.17	14 791	14 825	14 859	14 894	14 928	14 962	14 997
.18	15 136	15 171	15 205	15 241	15 276	15 311	15 346
.19	15 488	15 524	15 560	15 596	15 631	15 668	15 704
.20	15 849	15 885	15 922	15 959	15 996	16 032	16 069
.21	16 218	16 255	16 293	16 331	16 368	16 406	16 444
.22	16 596	16 634	16 672	16 711	16 749	16 788	16 827
.23	16 982	17 022	17 061	17 100	17 140	17 179	17 219
.24	17 378	17 418	17 458	17 498	17 539	17 579	17 620
.25	17 783	17 824	17 865	17 906	17 947	17 989	18 030
.26	18 197	18 239	18 281	18 323	18 365	18 408	18 450
.27	18 621	18 664	18 707	18 750	18 793	18 836	18 880
.28	19 055	19 099	19 143	19 187	19 231	19 275	19 320
.29	19 498	19 543	19 588	19 634	19 679	19 724	19 770

Tableau 58 (suite)

7	8	9	Partages proportionnels des *valeurs moyennes* de différences								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
10 162	10 186	10 209	2	5	7	9	12	14	16	19	21
10 399	10 423	10 447	2	5	7	10	12	14	17	19	21
10 641	10 666	10 691	2	5	7	10	12	15	17	20	22
10 889	10 914	10 940	3	5	8	10	13	15	18	20	23
11 143	11 169	11 194	3	5	8	10	13	15	18	20	23
11 402	11 429	11 455	3	5	8	11	13	16	18	21	24
11 668	11 695	11 722	3	5	8	11	13	16	19	21	24
11 940	11 967	11 995	3	5	8	11	14	16	19	22	25
12 218	12 246	12 274	3	6	8	11	14	17	20	22	25
12 503	12 531	12 560	3	6	9	11	14	17	20	23	26
12 794	12 823	12 853	3	6	9	12	15	18	21	24	26
13 092	13 122	13 152	3	6	9	12	15	18	21	24	27
13 397	13 428	13 459	3	6	9	12	15	18	21	25	28
13 709	13 740	13 772	3	6	9	13	16	19	22	25	28
14 028	14 060	14 093	3	6	10	13	16	19	22	26	29
14 355	14 388	14 421	3	7	10	13	16	20	23	26	30
14 689	14 723	14 757	3	7	10	13	17	20	24	27	30
15 031	15 066	15 101	3	7	10	14	17	21	24	28	31
15 382	15 417	15 453	4	7	11	14	18	21	25	28	32
15 740	15 776	15 812	4	7	11	14	18	22	25	29	32
16 106	16 144	16 181	4	7	11	15	18	22	26	30	33
16 482	16 520	16 558	4	8	11	15	19	23	26	30	34
16 866	16 904	16 943	4	8	12	15	19	23	27	31	35
17 258	17 298	17 338	4	8	12	16	20	24	28	32	36
17 660	17 701	17 742	4	8	12	16	20	24	28	32	36
18 072	18 113	18 155	4	8	12	17	21	25	29	33	37
18 493	18 535	18 578	4	8	13	17	21	25	30	34	38
18 923	18 967	19 011	4	9	13	17	22	26	30	35	39
19 364	19 409	19 454	4	9	13	18	22	26	31	35	40
19 815	19 861	19 907	5	9	14	18	23	27	32	36	41

Antilogarithmes

lg	0	1	2	3	4	5	6
.30	19 953	19 999	20 045	20 091	20 137	20 184	20 230
.31	20 417	20 464	20 512	20 559	20 606	20 654	20 701
.32	20 893	20 941	20 989	21 038	21 086	21 135	21 184
.33	21 380	21 429	21 478	21 528	21 577	21 627	21 677
.34	21 878	21 928	21 979	22 029	22 080	22 131	22 182
.35	22 387	22 439	22 491	22 542	22 594	22 646	22 699
.36	22 909	22 961	23 014	23 067	23 121	23 174	23 227
.37	23 442	23 496	23 550	23 605	23 659	23 714	23 768
.38	23 988	24 044	24 099	24 155	24 210	24 266	24 322
.39	24 547	24 604	24 660	24 717	24 774	24 831	24 889
.40	25 119	25 177	25 236	25 293	25 351	25 410	25 468
.41	25 704	25 763	25 823	25 882	25 942	26 002	26 062
.42	26 303	26 363	26 424	26 485	26 546	26 607	26 669
.43	26 915	26 977	27 040	27 102	27 164	27 227	27 290
.44	27 542	27 506	27 669	27 733	27 797	27 861	27 925
.45	28 284	28 249	28 314	28 379	28 445	28 510	28 576
.46	28 840	28 907	28 973	29 040	29 107	29 174	29 242
.47	29 512	29 580	29 648	29 717	29 785	29 854	29 923
.48	30 200	30 269	30 339	30 409	30 479	30 549	30 620
.49	30 903	30 974	31 046	31 117	31 189	31 261	31 333
.50	31 623	31 696	31 769	31 842	31 916	31 989	32 063
.51	32 359	32 434	32 509	32 584	32 659	32 735	32 809
.52	33 113	33 189	33 266	33 343	33 420	33 497	33 574
.53	33 884	33 963	34 041	34 119	34 198	34 277	34 356
.54	34 674	34 754	34 834	34 914	34 995	35 075	35 156
.55	35 481	35 563	35 645	35 727	35 810	35 892	35 975
.56	36 308	36 392	36 475	36 559	36 644	36 728	36 813
.57	37 154	37 239	37 325	37 411	37 497	37 584	37 670
.58	38 019	38 107	38 194	38 282	38 371	38 459	38 548
.59	38 905	38 994	39 084	39 174	39 264	39 355	39 446

Tableau 58 (suite)

7	8	9	Partages proportionnels des *valeurs moyennes* de différences 1	2	3	4	5	6	7	8	9
20 277	20 324	20 370	5	9	14	19	23	28	32	37	42
20 749	20 797	20 845	5	10	14	19	24	29	33	38	43
21 232	21 281	21 330	5	10	15	19	24	29	34	39	44
21 727	21 777	21 826	5	10	15	20	25	30	35	40	45
22 233	22 284	22 336	5	10	15	20	25	31	36	41	46
22 751	22 803	22 856	5	10	16	21	26	31	37	42	47
23 281	23 336	23 388	5	11	16	21	27	32	37	43	48
23 823	23 878	23 933	5	11	16	22	27	33	38	44	49
24 378	24 434	24 491	6	11	17	22	28	34	39	45	50
24 946	25 003	25 061	6	11	17	23	29	34	40	46	51
25 527	25 586	25 645	6	12	18	23	29	35	41	47	53
26 122	26 182	26 242	6	12	18	24	30	36	42	48	54
26 730	26 792	26 853	6	12	18	24	31	37	43	49	55
27 353	27 416	27 479	6	13	19	25	31	38	44	50	56
27 990	28 054	28 119	6	13	19	26	32	39	45	51	58
28 642	28 708	28 774	7	13	20	26	33	39	46	52	59
29 309	29 376	29 444	7	13	20	27	34	40	47	54	60
29 992	30 061	30 130	7	14	21	28	34	41	48	55	62
30 690	30 761	30 832	7	14	21	28	35	42	49	56	63
31 405	31 477	31 550	7	14	22	29	36	43	50	58	65
32 137	32 211	32 285	7	15	22	29	37	44	52	59	66
32 885	32 961	33 037	8	15	23	30	38	45	53	60	68
33 651	33 729	33 806	8	15	23	31	39	46	54	62	69
34 435	34 514	34 594	8	16	24	32	40	47	55	63	71
35 237	35 318	35 400	8	16	24	32	40	48	56	65	73
36 058	36 141	36 224	8	16	25	33	41	50	58	66	74
36 898	36 983	37 068	8	17	25	34	42	51	59	68	76
37 757	37 844	37 931	9	17	26	35	43	52	61	69	78
38 637	38 726	38 815	9	18	27	35	44	53	62	71	80
39 537	39 628	39 719	9	18	27	36	45	54	63	72	82

Antilogarithmes

lg	0	1	2	3	4	5	6
.60	39 811	39 902	39 994	40 087	40 179	40 272	40 365
.61	40 738	40 832	40 926	41 020	41 115	41 210	41 305
.62	41 687	41 783	41 879	41 976	42 073	42 170	42 267
.63	42 658	42 756	42 855	42 954	43 053	43 152	43 251
.64	43 652	43 752	43 853	43 954	44 055	44 157	44 259
.65	44 668	44 771	44 875	44 978	45 082	45 186	45 290
.66	45 709	45 814	45 920	46 026	46 132	46 238	46 345
.67	46 774	46 881	46 989	47 098	47 206	47 315	47 424
.68	47 863	47 973	48 084	48 195	48 306	48 417	48 529
.69	48 978	49 091	49 204	49 317	49 431	49 545	49 659
.70	50 119	50 234	50 350	50 466	50 582	50 699	50 816
.71	51 286	51 404	51 523	51 642	51 761	51 880	52 000
.72	52 481	52 602	52 723	52 845	52 966	53 088	53 211
.73	53 703	53 827	53 951	54 075	54 200	54 325	54 450
.74	54 954	55 081	55 208	55 336	55 463	55 590	55 719
.75	56 234	56 364	56 494	56 624	56 754	56 855	57 016
.76	57 544	57 677	57 810	57 943	58 076	58 210	58 345
.77	58 884	59 020	59 156	59 293	59 429	59 566	59 704
.78	60 256	60 395	60 534	60 674	60 814	60 954	61 094
.79	61 659	61 802	61 944	62 087	62 230	62 373	62 517
.80	63 096	63 241	63 387	63 533	63 680	63 826	63 973
.81	64 565	64 714	64 863	65 013	65 163	65 313	65 464
.82	66 069	66 222	66 374	66 527	66 681	66 834	66 988
.83	67 608	67 764	67 920	68 077	68 234	68 391	68 549
.84	69 183	69 343	69 503	69 663	69 823	69 984	70 146
.85	70 795	70 958	71 121	71 285	71 450	71 614	71 779
.86	72 444	72 611	72 778	72 946	73 114	73 282	73 451
.87	74 131	74 302	74 473	74 645	74 817	74 989	75 162
.88	75 858	76 033	76 208	76 384	76 560	76 736	76 913
.89	77 625	77 804	77 983	78 163	78 343	78 524	78 705

Tableau 58 (suite)

7	8	9	Partages proportionnels des *valeurs moyennes* de différences								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
40 458	40 551	40 664	9	19	28	37	46	55	65	74	83
41 400	41 495	41 591	9	19	28	38	47	57	66	76	85
42 364	42 362	42 560	10	19	29	39	49	58	68	78	87
43 351	43 451	43 551	10	20	30	40	50	60	70	80	89
44 361	44 463	44 566	10	20	30	41	51	61	71	81	91
45 394	45 499	45 604	10	21	31	42	52	62	73	83	94
46 452	46 559	46 666	11	21	32	43	53	64	75	85	96
47 534	47 643	47 753	11	22	33	44	54	65	76	87	98
48 641	48 753	48 865	11	22	33	45	56	67	78	89	100
49 774	49 878	50 003	11	23	34	46	57	68	80	91	103
50 933	51 050	51 168	12	23	35	47	58	70	82	93	105
52 119	52 240	52 360	12	24	36	48	60	72	84	96	108
53 333	53 456	53 580	12	24	37	49	61	73	85	98	110
54 576	54 702	54 828	13	25	38	50	63	75	88	100	113
55 847	55 976	56 105	13	26	38	51	64	77	90	102	115
57 148	57 280	57 412	13	26	39	52	66	79	92	105	118
58 479	58 614	58 749	13	27	40	54	67	80	94	107	121
59 841	59 979	60 117	14	27	41	55	69	82	96	110	123
61 235	61 376	61 518	14	28	42	56	70	84	98	112	126
62 661	62 806	62 951	14	29	43	58	72	86	101	115	130
64 121	64 269	64 417	15	29	44	59	74	88	103	118	132
65 615	65 766	65 917	15	30	45	60	75	90	105	120	135
67 143	67 298	67 453	15	31	46	62	77	92	108	123	139
68 707	68 865	69 024	16	32	47	63	79	95	110	126	142
70 307	70 469	70 632	16	32	48	64	81	97	113	129	145
71 945	72 111	72 277	17	33	50	56	83	99	116	132	149
73 621	73 790	73 961	17	34	51	68	85	101	118	135	152
75 336	75 509	75 683	17	35	52	69	87	104	121	138	156
77 090	77 268	77 446	18	35	53	71	89	107	125	142	159
78 886	79 068	79 250	18	36	54	72	91	109	127	145	163

Antilogarithmes

lg	0	1	2	3	4	5	6
.90	79 433	79 616	79 799	79 983	80 168	80 353	80 538
.91	81 283	81 470	81 658	81 846	82 035	82 224	82 414
.92	83 176	83 368	83 560	83 753	83 946	84 140	84 333
.93	85 114	85 310	85 507	85 704	85 901	86 099	86 298
.94	87 096	87 297	87 498	87 700	87 902	88 105	88 308
.95	89 125	89 331	89 536	89 743	89 950	90 157	90 365
.96	91 201	91 411	91 622	91 833	92 045	92 257	92 470
.97	93 325	93 541	93 756	93 972	94 189	94 406	94 624
.98	95 499	95 719	95 940	96 161	96 383	96 605	96 828
.99	97 724	97 949	98 175	98 401	98 628	98 855	96 083

Tableau 58 (suite)

7	8	9	Partages proportionnels des *valeurs moyennes* de différences								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
80 724	80 910	81 096	19	37	56	74	93	111	130	148	167
82 604	82 794	82 985	19	38	57	76	95	113	132	151	170
84 528	84 723	84 918	19	39	58	78	97	116	136	155	175
86 497	86 696	86 896	20	40	60	79	99	119	139	158	178
88 512	88 716	88 920	20	41	61	81	102	122	142	162	183
90 573	90 782	90 991	21	42	62	83	104	125	146	166	187
92 683	92 897	93 111	21	42	64	85	106	127	149	170	191
94 842	95 060	95 280	22	43	65	87	109	130	152	174	195
97 051	97 275	97 499	22	44	67	89	111	133	155	178	200
99 312	99 541	99 770	23	46	68	91	114	137	160	182	205

Appendices

Exemples d'utilisation de certaines tables de référence

Tableau 7

Facteurs analytiques et stœchiométriques

Le *Tableau* est destiné aux calculs liés aux dosages gravimétriques.

Lorsqu'on détermine la teneur en un constituant quelconque d'une substance à analyser, deux cas sont possibles.

1. *Le constituant cherché est pesé sous la forme dans laquelle on veut exprimer sa teneur dans une substance à analyser.* En déterminant, par exemple, la teneur en cuivre du bronze, il faut isoler Cu par électrolyse et peser comme tel. Dans un autre cas on pèse la silice à partir du minéral sous forme de SiO_2, car sous cette forme on exprime généralement la teneur des minéraux et des roches en Si. Dans ces cas le pourcentage du constituant cherché est calculé d'après une simple formule :

$$x = \frac{a \cdot 100}{g} \%$$

où a est la masse d'un constituant isolé, g, la prise d'essai d'une substance à analyser (a et g sont exprimés en unités de masse identiques). Pour le calcul il faut trouver deux logarithmes sans utiliser le *Tableau 7*.

2. *Le constituant à doser est pesé sous forme différant de celle sous laquelle on cherche à exprimer le résultat du dosage effectué.* Par exemple, on termine le dosage de P par pesée du précipité calciné de $Mg_2P_2O_7$ ou, en déterminant la teneur d'un acier en Si, on achève ce procédé par pesée de SiO_2, tout comme dans le cas du dosage d'un minéral, mais ici le résultat doit être exprimé en p.cent de l'élément Si. Parfois la substance à peser ne contient point d'élément à doser. Ainsi, dans le dosage de N dans un sel ammoniacal, l'ammonium est quelquefois précipité sous forme de $(NH_4)_2PtCl_6$, qui est ensuite transformé en Pt par calcination et l'on pèse Pt. D'après la masse de Pt on calcule le pourcentage de N dans un sel à analyser.

Dans tous ces cas il faut évidemment déterminer la quantité de constituant cherché qui correspondra à la masse trouvée (a) d'une substance

à peser. De ce fait, lors du dosage de Si il faut diviser la masse a par la masse moléculaire de SiO_2 et multiplier le nombre obtenu par la masse atomique de Si : $\frac{a\mathrm{Si}}{\mathrm{SiO_2}}$; dans le dosage de P il faut diviser la masse trouvée a par la masse moléculaire de $Mg_2P_2O_7$ et multiplier le nombre obtenu par 2 masses atomiques de P (une molécule $Mg_2P_2O_7$ renferme 2P), donc $\frac{a2\mathrm{P}}{\mathrm{Mg_2P_2O_7}}$. Toutes les valeurs de ces fractions : $\frac{\mathrm{Si}}{\mathrm{SiO_2}}$, $\frac{2\mathrm{P}}{\mathrm{Mg_2P_2O_7}}$, etc., ainsi que les valeurs de leurs logarithmes sont représentées dans le *Tableau 7*, elles sont appelées *facteurs* et désignées par f (on les appelle également « facteurs de conversion », « facteurs chimiques »). Ainsi, la teneur d'une substance pesée en constituant à doser sera égale à af, tandis que la teneur p.cent d'une substance à analyser sera de

$$x=\frac{af\cdot 100}{g}\cdot 100\,\%$$

Ainsi, le calcul revient à la recherche de trois logarithmes (l'un dans le *Tableau 7* et les deux autres dans la table de logarithmes), à l'addition de deux logarithmes trouvés et à la soustraction du troisième de leur somme.

Puisqu'il est impossible d'effectuer les additions et les soustractions dans la même colonne, il est nécessaire de savoir trouver rapidement le supplément de logarithme à l'unité. Alors, toutes les opérations reviennent à l'addition de trois mantisses : $\lg x=\lg a+\lg f(1-\lg g)$. On néglige les caractéristiques de logarithmes et le nombre entier 2 ($\lg 100=2$). Lorsque l'opération est achevée et que l'on ait trouvé le nombre x d'après son logarithme, il est facile d'en isoler le nombre nécessaire de décimales, car il est toujours connu si la teneur d'une substance à doser en constituant est, par exemple, 8,3 ou 83 on bien 0,83 %.

Pour trouver le supplément de logarithme g à l'unité, on soustrait le dernier chiffre de la mantisse de 10, et les autres, de 9 ; par exemple, si la mantisse du logarithme g est égale à 34 906, son supplément à l'unité sera 65 094.

Exemples de calculs des résultats des dosages gravimétriques

Exemple 1. Pour doser Cu dans du laiton, on a pris une prise d'essai de copeaux $g=1{,}1238$ g. La masse d'électrode de platine pure est égale à 12,4826 g ; celle de la même électrode, recouverte de Cu déposé, après déssication est de 13,2965 g. Calculer la proportion p.cent de Cu dans cet alliage.

La masse de Cu déposé : $a=13{,}2965-12{,}4826=0{,}8139$ g. La proportion p.cent cherchée de Cu est $x=\frac{0{,}8139\cdot 100}{1{,}1238}$ %. On trouve les logarithmes dans le *Tableau 58* (p. 534) et l'on n'écrit que les mantisses sans caractéristiques :

$$\begin{array}{r} 91\,057 \\ -\;05\,069 \\ \hline \lg x = 85\,988\text{ ; } x=72{,}42\ \% \end{array}$$

Le fait que dans le résultat final on aura deux décimales devant la virgule est aisément compris d'après l'aspect de la formule de calcul aussi bien que d'après le sens du dosage. La résolution de ce problème n'a pas impliqué l'utilisation des facteurs donnés au *Tableau 7*, le constituant à chercher — Cu — du laiton ayant été pesé en état de métal.

Exemple 2. Pour doser Mg dans du calcaire, on a prélevé une prise d'essai $g=1{,}2456$ g. Après la séparation de SiO_2, Fe, Al et Ca, on fait précipiter Mg sous forme de $MgNH_4PO_4$ qui est ensuite transformé en $Mg_2P_2O_7$ par calcination. La masse du précipité calciné est $a=0{,}0551$ g. Calculer la proportion p.cent du magnésium dans du calcaire.

Dans la table de logarithmes on trouve : $\lg g=\lg 1{,}2456=09\,540$; $\lg a=\lg 0{,}0551=74\,115$. Comme dans le cas précédent, on écrit les mantisses sans caractéristiques.

Dans le *Tableau 7*, dans la colonne « Détermination de » on trouve Mg et dans la colonne « Pesé », $Mg_2P_2O_7$. A cette formule correspond 0,2185 (voir la colonne « Facteur f ») ainsi que $\lg f=33\,930$.

On fait la somme :

$$\begin{array}{r} \lg a = 74\,115 \\ \lg f = 33\,930 \\ 1-\lg g = 90\,460 \\ \hline \lg x = 98\,505 \end{array}$$

La teneur en Mg est donc de 0,966 ou 0,97 %.

La masse du précipité calciné de 0,0551 g est caractérisée par une erreur absolue de $\pm 0{,}0002$ g (imprécision des pesées ordinaires avec une balance analytique), ce qui fera 0,4 % relatifs, la même erreur relative limite caractérisera le résultat final (Règle 4, p. 10), c.-à-d. que le résultat sera de $0{,}966\pm 0{,}004$ %. Ce résultat ne doit pas renfermer plus de 3 chiffres après la virgule, déjà le troisième chiffre est incertain. Ainsi en tenant compte du fait qu'au cours de l'analyse d'autres erreurs que celles de la pesée ordinaire peuvent apparaitre, il est plus raisonnable d'arrondir le résultat obtenu à 0,97 %.

Tableau 14

Calcul des résultats des dosages volumétriques

Lors du calcul des résultats des dosages volumétriques on fait souvent des opérations inutiles et compliquées. Ainsi, en calculant la quantité de Fe titré avec une solution de $KMnO_4$, on commence par déterminer la quantité en grammes de $KMnO_4$ consommée par la réaction, puis on calcule la teneur en Fe suivant le rapport stœchiométrique 1 mole de $KMnO_4$: 5 moles de Fe^{2+}. Ce mode de calcul est compliqué, donc inadmissible. Aussi exprime-t-on les concentrations de solutions par leurs normalités en simplifiant par là même tous les calculs.

On appelle *normalité* ou *concentration normale* d'une solution le nombre d'équivalents-grammes de soluté par 1 l de solution ou le nombre d'équivalents-milligrammes de celui-ci par 1 ml de solution.

On appelle *équivalent* la partie d'atome ou de molécule qui

a) *dans les réactions de neutralisation* correspond à un ion hydrogène H^+ ou à un ion hydroxyle OH^-, formant de l'eau.

Dans la réaction $H_3PO_4 + 2NaOH = Na_2HPO_4 + 2H_2O$, par exemple, deux ions H^+ et deux ions OH^- forment 2 molécules H_2O. Donc à 1 ion H^+ ou OH^- correspond 1/2 molécule H_3PO_4 et une molécule $\left(\frac{2NaOH}{2}\right)$ d'hydroxyde de sodium. Ce sont ces valeurs qui expriment leurs équivalents ;

b) *dans les réactions d'oxydo-réduction* correspond à 1 électron qu'une molécule ou un ion peut gagner ou perdre au cours de cette réaction.

$KMnO_4$, par exemple, se comporte comme oxydant en milieu acide :

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$$

On voit alors que 1 électron se rapporte à 1/5 MnO_4^- ou à 1/5 $KMnO_4$, qui, dans ce cas, sont des équivalents. L'acide oxalique $H_2C_2O_4$ se comporte comme réducteur :

$$C_2O_4^{2-} - 2e \rightarrow 2CO_2$$

donc, 1 électron se rapporte à 1/2 $C_2O_4^{2-}$, à 1/2 $H_2C_2O_4$ ou à 1/2 $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$; ces quantités sont des équivalents;

c) *dans les réactions de précipitation et de formation de complexes* correspond à 1 ion de métal monovalent, à 1/2 ion de métal divalent, etc., formant le précipité ou le complexe. Ainsi, lors du titrage d'un cyanure par du sel d'argent selon la méthode de Mohr

$$Ag^+ + CN^- = AgCN \quad \text{ou} \quad AgNO_3 + KCN = AgCN + KNO_3$$

l'équivalent de KCN est égal à sa molécule, mais en cas de titrage du même cyanure selon la méthode de Dénigès :

$$Ag^+ + 2CN^- = Ag(CN)_2^- \quad \text{ou} \quad AgNO_3 + 2KCN = KAg(CN)_2 + KNO_3$$

l'équivalent de KCN est égal à 2 molécules.

Il en résulte donc qu'un *équivalent de substance n'est pas un nombre constant*, mais dépend de la réaction dans laquelle intervient cette substance.

On appelle *équivalent-gramme* ou *équivalent-milligramme* la quantité de substance en grammes ou en milligrammes correspondant à son poids équivalent.

Si la concentration (le titre) d'une solution titrante (on l'appelle parfois solution étalon) est exprimée par sa normalité N_s et que E_s soit son poids équivalent, chaque millilitre de cette solution renfermera N_sE_s mg de substance titrante. Avant de consommer pour titrage V ml de cette solution, on introduira dans la réaction VN_sE_s mg de substance titrante. Du fait que la réaction se déroule toujours en présence de quantités de substances proportionnelles à leurs équivalents, la quantité de substance à titrer (à doser) sera égale à VN_sE_x mg, où E_x est le poids équivalent de la substance à doser. Donc, dans les calculs il n'est pas nécessaire de connaître ni la masse moléculaire, ni le poids équivalent E_s d'une substance titrante, mais il suffit de connaître la normalité d'une solution titrante N_s et le poids équivalent E_x d'une substance à doser. (On trouve le poids équivalent dans le *Tableau 14*.) La teneur p.cent (x) en substance à doser de la prise d'essai g est calculée d'après la formule

$$x = \frac{VN_sE_x \cdot 100}{g}\,\% \quad \text{ou} \quad \frac{VN_sE_x}{g' \cdot 10}\,\%$$

où g est exprimée en milligrammes et g' en grammes.

A. Recherche de la normalité d'une solution titrante (mise en titre)

Lorsqu'il s'agit d'établir la normalité d'une solution, on pèse une certaine quantité de substance initiale g_{init}. La prise d'essai est dissoute, on titre la solution obtenue par une solution dont la normalité (N_x) est à établir. Supposons que le titrage consomme V ml. Alors $VN_xE_{init} = g_{init}$ et

$$N_x = \frac{g_{init}}{VE_{init}}$$

où E_{init} est le poids équivalent de la substance initiale (voir *Tableau 14*) ; g_{init} est exprimée en milligrammes.

Quelquefois on dissout la prise d'essai de substance initiale dans un ballon jaugé, on dilue avec de l'eau jusqu'à la jauge (volume V_1 ml) et on prélève pour titrage une partie aliquote à l'aide d'une pipette (volume V_2 ml). Alors

$$N_x = \frac{g_{init} \cdot V_2}{V_1 V E_{init}}$$

Exemple 1. La prise d'essai de 0,2712 g d'oxalate de sodium $Na_2C_2O_4$ pur desséché à 105-110 °C est dissoute dans de l'eau, on y ajoute H_2SO_4 et on titre la solution obtenue avec 39,88 ml de solution de $KMnO_4$. Calculer la normalité de cette dernière.

Dans le *Tableau 14* on trouve :

$$\begin{aligned}
E_{Na_2C_2O_4} = 67\,000, \quad \lg E_{init} &= 82\,607 \\
\lg g_{init} = \lg \quad 271{,}2 &= 43\,329 \\
1 - \lg V = 1 - \lg \quad 39{,}88 &= 39\,924 \\
1 - \lg E_{init} = 1 - \lg \quad 67\,000 &= 17\,393 \\
\hline
\lg N_x = 00\,646 \qquad N_x &= 0{,}1015
\end{aligned}$$

Si la normalité d'une solution (N_1) est déterminée d'après celle d'une autre solution dont la normalité est connue (N_2), on prélève V_1 ml de première solution et on en titre par la seconde. Supposons que le titrage a consommé V_2 ml de seconde solution. Alors

$$V_1 N_1 = V_2 N_2$$

$$N_1 = N_2 \frac{V_2}{V_1}$$

Exemple 2. La normalité d'une solution de NaOH (N_1) est établie par rapport à une solution de HCl 0,09859 N. Le titrage de 20,00 ml de première solution a consommé 21,12 ml de seconde. Calculer la normalité de la solution de NaOH :

$$N_1 = \frac{0{,}09854 \cdot 21{,}12}{20{,}00}$$

$$\begin{aligned}
\lg 0{,}09854 &= 99\,362 \\
\lg 21{,}12 &= 32\,469 \\
1 - \lg 20{,}00 &= 69\,897 \\
\hline
\lg N_1 &= 01\,728 \\
N_1 &= 0{,}1041
\end{aligned}$$

En pratique analytique, la concentration d'une solution titrante ($T_{s/x}$, le titre d'une solution par rapport à la substance à analyser) est très souvent exprimée en milligrammes ou grammes de substance à analyser, qui titre 1 ml de solution T_x. En connaissant la normalité de la solution, il est facile de trouver son titre par rapport à n'importe quelle substance à doser à partir de la formule $T_{s/x}=N_sE_x$ (on trouve E_x dans le *Tableau 14*). Ainsi, le titre d'une solution de $KMnO_4$ 0,1023 N par rapport au fer est $T_{MnO_4^-/Fe}=N_sE_{Fe}=0,1023\cdot55,847$ mg/ml, tandis que son titre par rapport à l'oxyde ferrique est $T_{MnO_4^-/Fe_2O_3}=N_sE_{Fe_2O_3}=0,1023\cdot79,846$, etc. La teneur p.cent en substance à analyser est de

$$x=\frac{VN_sE_x\cdot100}{g}=\frac{VT_{s/x}\cdot100}{g}\ \%$$

où g et $T_{s/x}$ sont exprimées dans les mêmes unités.

Si le titre d'une solution par rapport à une substance quelconque est connu et qu'il s'agisse de trouver sa normalité ou son titre par rapport à une autre substance, on peut utiliser les formules

$$N=\frac{T_a}{E_a}=\frac{T_b}{E_b}=\ldots=\frac{T_n}{E_n}$$

d'où on tire :

$$T_b=T\frac{T_a}{E_a}E_b=NE_b=\ldots$$

$$T_n=\frac{T_a}{E_a}E_n=NE_n$$

Exemple 3. Le titre d'une solution de $KMnO_4$ par rapport à Fe est égal à 0,005483 g/ml. Calculer la normalité de cette solution et son titre par rapport à Cr:

$$N=\frac{T_{MnO_4^-/Fe}}{E_{Fe}}\qquad \begin{array}{r} \lg T_{MnO_4^-/Fe}=\lg 0,005483=\bar{3},73\,902\\ 1-\lg E_{Fe}=1-\lg 55,847=\bar{2},25\,300\\ \hline \lg N=\bar{2},99\,202\\ N=0,09818\end{array}$$

$$T_{MnO_4^-/Cr}=\frac{T_{MnO_4^-/Fe}\,E_{Cr}}{E_{Fe}}$$

$$\lg T_{MnO_4^-/Fe} = 1 - \lg 55{,}847 = \overline{7}3\,902$$
$$1 - \lg E_{Fe} = 1 - \lg 55{,}85 = 25\,300$$
$$\lg E_{Cr} = \lg 17{,}332 = 23\,885$$

$$\lg T_{MnO_4^-/Cr} = \overline{2}3\,087$$
$$T_{MnO_4^-/Cr} = 0{,}001702 \text{ g}$$

B. Détermination de la proportion p.cent d'un constituant cherché dans la prise d'essai

Exemple 1. Pour doser Na_2CO_3 dans de la fonte de soude une prise d'essai de 1,100 g de cette dernière est dissoute dans de l'eau et la solution obtenue est titrée avec une solution de H_2SO_4 0,5012 N en présence de bleu de bromophénol. Il est à déterminer la proportion p.cent de Na_2CO_3, si le titrage a consommé 35,00 ml d'acide.

Dans le *Tableau 14* (p. 148) on trouve que $E_{Na_2CO_3}$, en présence de bleu de bromophénol est égal à 52,995, $\lg E = 72\,423$.

On fait la somme :

$$\lg V = \lg 35{,}00 = 54\,407$$
$$\lg N_S = \lg 0{,}5012 = \overline{7}0\,001$$
$$\lg E_X = \lg 52{,}995 = 72\,423$$
$$1 - \lg g = 1 - \lg 1{,}100 = \overline{9}5\,861$$

$$\lg x = 92\,692 \quad x = 84{,}51\ \%$$

Exemple 2. On demande de trouver la proportion p.cent de CO_2 dans la fonte de soude, les conditions d'expérience étant celles de l'exemple 1.

La solution reste la même, mais au lieu de $E_{Na_2CO_3}$ on trouve dans le *Tableau 14* $E_{CO_2} = 22{,}005$, $\lg E = 34\,252$.

On fait la somme :

$$\lg V = 54\,407$$
$$\lg N_S = 69\,897$$
$$\lg E_X = 34\,252$$
$$1 - \lg g = 95\,861$$

$$\lg x = 54\,417 \quad x = 35{,}01\ \%$$

Exemple 3. On demande de calculer la proportion p.cent de Fe dans un échantillon de minerai ferrifère, si après la dissolution d'une prise d'essai de 0,7872 g de minerai suivie d'une réduction de Fe par Zn métallique, le titrage a nécessité 47,24 ml de solution de $KMnO_4$ 0,1105 N.

On trouve dans le *Tableau 14* (p. 150) : $E_{Fe}=55{,}85$; $\lg E=74\,702$ et on fait l'addition :

$$\begin{aligned} \lg V=\lg 47{,}24&=67\,431\\ \lg N_s=\lg 0{,}1105&=04\,336\\ \lg E_X=\lg 55{,}847&=74\,700\\ 1-\lg g=1-\lg 0{,}7872&=10\,391\\ \hline \lg x&=56\,858 \quad x=37{,}03\ \% \end{aligned}$$

Exemple 4. Pour doser Mn dans de l'acier par méthode au bismuthate, on a prélevé la prise d'essai de 1,1452 g et on l'a dissoute dans HNO_3. En solution obtenue Mn est oxydé par le bismuthate de sodium $NaBiO_3$ en $HMnO_4$ qui est dosé par addition de 40,00 ml de solution de sel de Mohr 0,03012 N. Calculer la proportion p.cent de Mn dans la solution.

Puisque le produit VN fournit le nombre d'équivalents-milligrammes de *n'importe quelle substance*, il est plus utile d'effectuer le calcul selon la formule suivante :

$$x=\frac{(V_aN_a-V_bN_b)E_X\cdot 100}{g}\ \%$$

où V_a et N_a sont le volume et la normalité d'une solution de sel de Mohr ;
V_b et N_b, le volume et la normalité d'une solution de $KMnO_4$.

En dosant Mn par la méthode au bismuthate, on trouve dans le *Tableau 14* que $E_X=E_{Mn}=10{,}9876$, $\lg E_X=04\,090$.

Alors

$$\begin{aligned} V_aN_a&=40{,}00\cdot 0{,}02842=1{,}1368 \text{ Eq-mg}\\ V_bN_b&=13{,}50\cdot 0{,}03012=0{,}4066 \text{ Eq-mg}\\ V_aN_a-V_bN_b&=1{,}1368-0{,}4066=0{,}7302 \text{ Eq-mg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lg 0{,}7302&=86\,344\\ \lg E_{Mn}&=04\,090\\ 1-\lg 1{,}1452&=94\,110\\ \hline \lg x&=84\,544 \quad x=0{,}70\ \% \end{aligned}$$

Exemple 5. Quelle quantité de solution de $KMnO_4$ de même concentration serait-elle consommée par le titrage d'une prise d'essai de 1,1452 de même acier (voir *exemple 4*), si le dosage de Mn était effectué par la méthode de Volhard :

$$x=\frac{VN_sE_X\cdot 100}{g}\ \%$$

où g est la prise d'essai exprimée en milligrammes.

En dosant Mn par la méthode de Volgard, on trouve dans le *Tableau 14* que E_{Mn} est égal à 16,4814, lg E=21 699:

$$0{,}70=\frac{V\cdot 0{,}03012\cdot 16{,}4814\cdot 100}{1145{,}2}$$

$$V=\frac{0{,}70\cdot 1145{,}2}{0{,}03012\cdot 16{,}4814\cdot 100}$$

$$\begin{array}{r}
\lg 0{,}70=84\ 510 \\
\lg 1145{,}2=05\ 889 \\
1-\lg 0{,}03012=52\ 115 \\
1-\lg 16{,}4814=78\ 301 \\
\hline
\lg V=20\ 815
\end{array} \quad V=16{,}15\ \text{ml}$$

Tableau 16

Calcul des résultats des dosages gazométriques

Des exemples des calculs d'après les formules données p. 162 sont présentés ci-après.

Exemple 1. Le volume de gaz (V) mesuré au-dessus de l'eau est égal à 25,6 ml. La température du gaz est t=22,8 °C. L'indication observée du baromètre est P_t=720,4 mm Hg. La température de l'air ambiant mesurée au voisinage du baromètre est de t'=22,4 °C. On demande de réduire le volume de gaz aux conditions normales.

Avant tout on introduit la correction d'indication du baromètre. Il est nécessaire de rapporter cette indication à 0 °C, il faut alors en soustraire la valeur $t'/8$ mm. En outre, du fait que le gaz a été recueilli au-dessus de l'eau, sa pression dans le récipient sera inférieure à celle de l'air ambiant, cette différence sera égale à la valeur P_E, pression de vapeur d'eau à t= 22,8 °C. Il est également nécessaire de soustraire cette valeur de l'indication du baromètre.

Dans le *Tableau 16* (colonne « Eau ») en face de t=22 °C on trouve P_E=19,8 mm Hg et en face de t=23 °C, P_E=21,1 mm Hg. La différence entre ces valeurs est égale à 1,3 mm Hg. On trouve 0,8 de cette différence : 0,8×1,3=1,0 mm et on ajoute cette valeur à 19,8 mm Hg. Il en résulte que P_E à 22,8 °C est égale à 19,8+ 1,0=20,8 mm Hg.

Ainsi,

$$P_0=720{,}4-\frac{22{,}4}{8}-20{,}8=696{,}8\ \text{mm Hg}$$

Le volume de gaz cherché V_0= VF. Trouvons lg F p. 169.

On a :

t(°C)	P_0 (696 mm Hg)	P_0 (696,8 mm Hg)	P_0 (697 mm Hg)
22	92 807	92 857	92 870
22,8	—	92 739	—
23	92 660		

La différence entre 92 807 et 92 870 est égale à 63. Dans la table de différences on trouve 0,8 de ce nombre et on l'ajoute à 92 807 ; on obtient 92 857. La différence entre 92 807 et 92 660 est égale à 147. Dans la table de différences on trouve le nombre le plus proche de celui-ci, c.-à-d. 148 ; 0,8 de ce nombre fait 118,5. On soustrait ce dernier nombre de 92 857 et on obtient 92 739 (en arrondissant) :

$$\begin{array}{r} \lg V = 40\,824 \\ \lg F = 92\,739 \\ \hline \lg V_0 = 33\,563 \end{array} \quad V_0 = 21{,}66 \approx 21{,}7 \text{ ml}$$

Il importe de souligner que dans la plupart des cas la correction de dixièmes de millimètre de pression et de dixièmes de degré de température est tout à fait inutile ; en arrondissant les chiffres correspondants, on obtiendra les résultats assez précis. Ainsi, dans l'exemple cité, en prenant pour P_E une valeur correspondant à 23 °C, c.-à-d. 21,1 mm Hg, on obtiendrait $P_0 = 696{,}5 \approx 697$ mm Hg. Dans le *Tableau 16,A* pour $t = 23$ °C et $P_0 = 697$ mm Hg on trouve $\lg F = 92\,723$, ce qui conduira à $V_0 = 21{,}65$ ml, résultat qui ne diffère que très peu du résultat précédent.

Exemple 2. Calculer le poids de 43,7 ml de NO mesuré au-dessus d'une solution de KOH à 28,6 % sous $P_0 = 757$ mm Hg et à 17 °C.

On adopte que la température du mercure dans le baromètre est aussi égale à 17 °C :

$$P_0 = 757 - \frac{17}{8} - 10{,}2 \approx 745 \text{ mm Hg}$$

La valeur 10,2 mm Hg est trouvée dans le *Tableau 16,B* (17 °C, KOH à 28,6 %).

La masse cherchée est égale à $VF\varrho$, on trouve lg F dans le *Tableau 16,A*, et lg ϱ, dans le *Tableau 16,B* :

$$\begin{array}{r} \lg V = \lg 43{,}7 = 64\,048 \\ \lg F = 96\,506 \\ \lg \varrho = \lg 1{,}3402 = 12\,717 \\ \hline \lg x = 73\,271 \end{array} \quad x = 54{,}0 \text{ mg}$$

Exemple 3. 395 ml d'acétylène C_2H_2 sont obtenus à partir de 1,200 g de carbure de calcium commercial à 17,5 °C et sous $P_t=755,3$ mm Hg (la pression est mesurée à 16 °C). Le gaz est recueilli au-dessus d'une solution saturée de NaCl. Calculer la proportion p.cent de CaC_2 dans du carbure commercial :

$$P_0=755,3-\frac{16}{8}-11,4=741,9 \text{ mm Hg}$$

La valeur 11,4 est trouvée dans le *Tableau 16,B* par interpolation entre 11,0 et 11,7.

On obtient le pourcentage cherché à l'aide de la formule

$$x=\frac{VFf'\cdot 100}{g} \%$$

On trouve F dans le *Tableau 16,A* et f' dans le *Tableau 16,D* :

$$\lg V=\lg 395=59\,660$$
$$\lg F=96\,256$$
$$\lg f'=\lg 2,8877=46\,055$$
$$1-\lg g=1-\lg 1200=92\,082$$
$$\lg x=94\,053 \qquad x=87,20\ \%$$

Exemple 4. L'action de l'acide sur 0,250 g de zinc en poudre a fait se dégager 79,6 ml de H_2, mesuré au-dessus de l'eau à 20 °C et sous 742 mm Hg (la température du mercure dans le baromètre est également de 20 °C). Calculer la proportion p.cent de Zn dans du zinc en poudre :

$$P_0=742-\frac{20}{8}-17,5=722 \text{ mm Hg}$$

$$x=\frac{VFf'\cdot 100}{g} \%$$

$$\lg V=\lg 79,6=90\,091$$
$$\lg F=94\,696$$
$$\lg f'=\lg 2,9145=46\,456$$
$$1-\lg g=1-\lg 250=60\,206$$
$$\lg x=91\,449 \qquad x=82,13=82,1\ \%$$

Le résultat final ne doit pas renfermer plus de 3 chiffres significatifs, car seulement 3 chiffres significatifs caractérisent les résultats de pesée et de mesure volumiques.

Dans certains appareils les burettes à gaz sont jaugées de manière à indiquer directement le pourcentage du composé à doser, à condition que la prise d'essai soit fixe (généralement 1 g ou 0,5 g) et que le gaz dans la burette soit à une température et sous une pression déterminées. Mais dans le cas où la température et la pression du gaz ne coïncident pas avec celles indiquées par la burette, un recalcul correspondant est à effectuer.

Exemple 5. Pour doser C dans un acier par la méthode de combustion dans le courant de O_2, on a mesuré le volume de CO_2 formé dans une burette à gaz de l'appareil de Wurtz-Ströhlein indiquant la proportion p.cent de C dans une prise d'essai d'acier de 1,000 g prélevée à 16 °C et sous 760 mm Hg. On a prélevé une prise d'essai d'acier de 1,000 g à la température de 20 °C et sous la pression du gaz égale à 740 mm Hg. L'indication de la burette était 0,52 % de C.

Quelle est la teneur effective de l'acier en C ? Dans le *Tableau 16,A* on trouve $\lg F_{760,\ 16\ °C} = 97\,522$, $\lg F_{740,\ 20\ °C} = 95\,766$. Le premier logarithme est à soustraire du logarithme du pourcentage trouvé de C et ajouter au nombre obtenu le second logarithme :

$$\begin{array}{r} \lg 0{,}52 = 71\,600 \\ 1 - 97\,522 = 02\,478 \\ 95\,766 \\ \hline \lg x = 69\,844 \end{array} \qquad x = 0{,}49\ \%$$

On néglige ici les différences de pression de vapeur au-dessus d'une solution alcaline concentrée à la température différente. Si la température du gaz mesuré ne s'écarte de 16 °C que de quelques degrés, l'erreur due à ce fait ne dépassera pas 0,01 %.

Tableau 18

Densités et concentrations des solutions

Dans la chimie analytique on utilise des méthodes variées pour exprimer les concentrations des acides et des bases : 1) par la densité (par exemple, « on ajoute 5 ml d'acide chlorhydrique de densité *d* 1,190 »); 2) en indiquant la dilution des acides concentrés commerciaux (par exemple, « on met dans une solution 10 ml d'acide sulfurique dilué au 1/9 »), ce qui signifie qu'un volume d'acide sulfurique concentré commercial est dilué avec 9 volumes d'eau; 3) par la teneur p.cent du réactif (par exemple, « 2 ml de solution ammoniacale à 25 % ») et 4) par la normalité de la solution.

Dans la marche analytique on est obligé à recalculer les concentrations pour passer d'une forme d'expression à l'autre, à calculer le débit des réactifs au cours des réactions en opérant avec des solutions dont les concentrations

sont exprimées de façon différente, etc. Les tables de référence servent à faciliter ces opérations, les calculs stœchiométriques sont essentiellement simplifiés si les concentrations des réactifs sont exprimées en normalités. C'est pour cette raison qu'on représente dans les tables de référence les concentrations normales de toutes les solutions d'acides et de bases.

On donne ci-dessous quelques exemples de calculs effectués selon ces tables.

Exemple 1. Au cours de l'analyse du bronze à l'étain on dissout ce dernier dans de l'acide nitrique de densité *d* 1,2. On demande de préparer cette solution à partir de l'acide nitrique commercial ($d=1,4$) sans se servir de densimètre. La normalité de l'acide nitrique de densité 1,2 est de 6,273 N *(Tableau 18,A)* ; donc 1 l de cet acide doit renfermer 6,273 Eq-g. L'acide nitrique concentré de densité 1,4 a la normalité 14,88 N ; 1 l de cet acide renferme 14,88 Eq-g. La quantité requise (6,273) de HNO_3 en équivalents-grammes est renfermée dans $\frac{6,273}{14,88}\cdot 1000=421,6$ ml d'acide nitrique concentré. Ayant prélevé ce volume d'acide, on le dilue avec de l'eau à 1 l, ce qui fournit un acide de densité 1,2.

Exemple 2. Au cours de l'analyse on ajoute à une solution neutre à analyser 5 ml de HNO_3 dilué au 1/4 que l'on neutralise avec de l'ammoniac. Combien de millilitres de solution ammoniacale concentrée (25 %) seront-ils consommés par la neutralisation ?

L'expression « acide nitrique dilué au 1/4 » signifie que 1 volume d'acide nitrique concentré de densité 1,400 a été dilué avec 4 volumes d'eau. L'acide concentré initial de densité 1,400 a eu la normalité 14,88 N. L'acide dilué aura évidemment la normalité $14,88:5=2,98$ N. On en a introduit 5 ml dans la solution à analyser, donc sa neutralisation nécessitera 5 ml de solution ammoniacale de normalité 2,98 N. La normalité d'une solution ammoniacale concentrée à 25 % est de 13,32 N *(Tableau 18,I)*. Il en résulte que la neutralisation de l'acide nitrique consommera $\frac{5\cdot 2,98}{13,32}=1,12$ ml de solution ammoniacale concentrée.

Exemple 3. La prise d'essai de 1 g de roche est fondue avec 6 g de Na_2CO_3 anhydre dans un creuset en platine. L'alliage est lixivié avec de l'eau et acidifié avec de l'acide chlorhydrique dilué au 1/1. Combien de millilitres de cet acide est-il nécessaire d'ajouter pour la neutralisation complète de Na_2CO_3 et pour que l'excès d'acide ne soit pas important ?

$$6 \text{ g de } Na_2CO_3 \text{ font } \frac{6}{1/2Na_2CO_3}=\frac{6}{52,9945} \text{ Eq-g}$$

ou

$$\frac{6000}{52,9945}=113,23 \text{ Eq-mg}$$

Pour la neutralisation il faut ajouter le même nombre d'équivalents-milligrammes de HCl. La normalité de l'acide chlorhydrique concentré de densité 1,190 est de 12,50 N, celle de l'acide dilué au 1/1 est de 6,25 N, c.-à-d. que 1 ml de ce dernier renferme 6,25 Eq-mg de HCl. Donc, la neutralisation de Na_2CO_3 nécessitera $\frac{113,23}{6,25} = 18,12$ ml d'acide chlorhydrique dilué au 1/1. Si l'on en verse 20 ml, l'excès d'acide sera suffisant.

Ces exemples montrent à quel point les calculs sont simplifiés lorsqu'on a la possibilité de convertir les concentrations des acides et bases de diverses expressions en leurs concentrations normales. A ces fins on peut se reporter au *Tableau 18*. La précision des données du *Tableau 18* est tellement grande qu'on peut les utiliser pour préparer des solutions titrantes d'acides et de bases en partant de la densité. Le titre de la solution obtenue par dilution doit être toutefois vérifié à l'aide d'une prise d'essai de substance initiale. On donne ci-après un exemple de calcul pour la préparation d'une solution titrante.

Exemple 4. Pour préparer une solution titrante de HCl 1 N, on a pris l'acide qu'on disposait au laboratoire, sa densité a été mesurée à l'aide d'un densimètre. La densité s'est trouvée égale à 1,082 g/cm^3.

Dans le *Tableau 18,C* on trouve : la concentration d'un acide de densité 1,080 est de 4,878 N ; la normalité d'un acide de densité 1,085 est égale à 5,192 N. Par interpolation on obtient pour la densité 1,082 la normalité suivante :

$$4,878+\frac{2}{5}(5,192-4,878)=4,878+\frac{2}{5}\cdot 0,314=5,004$$

Donc, il est nécessaire de diluer 1 volume d'acide de départ 5,004 fois. A ces fins on peut prendre, par exemple, 200 ml d'acide de densité 1,082, les transvaser dans un ballon jaugé à 1 l et diluer avec de l'eau jusqu'à la jauge puis y ajouter encore 0,8 ml d'eau (1 : 5,004 = 200 : 1000,8).

Tableau 19

Indicateurs de *p*H les plus importants

Pour effectuer des titrages volumétriques, il importe de choisir les indicateurs aux domaines de virage les plus étroits possibles. Ces indicateurs tels que l'azolithmine dont le domaine de virage s'étale sur un intervalle de 3 unités *p*H (de 5,0 à 8,0) ne sont pas aptes au titrage. On n'utilise presque pas les indicateurs dont les couleurs des deux formes sont les plus proches dans le spectre ; tels sont les indicateurs qui virent du rouge à l'orangé, de l'orangé ou l'orangé-rouge au jaune, du bleu-violet au bleu, etc. Ces dernières années, on a réussi à synthétiser les indicateurs qui changent brusque-

ment leur couleur en celle opposée dans le spectre aux domaines de *p*H très étroits, par exemple le jaune de nitrazine virant du jaune pour le *p*H 6,0 au bleu-violet pour le *p*H 7,0 ou le bleu de quinoléine virant de l'incolore pour le *p*H 7,0 au violet pour le *p*H 8,0.

La règle fondamentale à laquelle obéit la façon d'opérer le choix d'un indicateur pour les dosages volumétriques est la suivante : *l'indice de titrage pT d'un indicateur doit être le plus proche possible du* pH *qui s'établit dans la solution vers le terme du titrage, c.-à-d. lorsqu'on atteint le point équivalent.*

On appelle *indice de titrage pT* le *p*H auquel l'analyste observe nettement le virage indiquant le terme du titrage. C'est une valeur conventionnelle, différente selon les cas. Si l'œil décelait toujours nettement le moindre changement de couleur, le *pT* coïnciderait évidemment avec le début correspondant du virage de l'indicateur. Mais, puisqu'on termine généralement le titrage pour un changement de couleur plus net, on peut admettre que le *pT* dans le cas des indicateurs bicolores est déplacé à 1/4 d'intervalle de sa limite correspondante *. Lorsqu'on opère avec des indicateurs unicolores (phénolphtaléine, nitrophénols), le *pT* presque coïncide avec le début du virage à condition qu'on utilise la même dilution de l'indicateur que celle utilisée pour établir le changement de sa couleur. Lorsqu'on effectue les analyses de haute précision, il importe de préparer à part une solution tampon ayant un *p*H coïncidant avec celui du point équivalent, on y ajoute l'indicateur et titre la solution à analyser jusqu'à ce que sa coloration ne coïncide avec celle d'une solution témoin.

Lorsqu'on titre un acide faible avec de la soude, il se forme alors au terme du titrage une solution de sel sodique de cet acide, du fait de l'hydrolyse cette solution possède une réaction alcaline. La constante de dissociation de cet acide étant connue, on peut calculer le *p*H de la solution obtenue et en le prenant en considération, choisir l'indicateur convenable. Il en est de même dans le titrage d'une solution de base faible avec un acide, on obtient alors un sel qui, par suite de l'hydrolyse, possède dans la solution une réaction acide.

Lorsqu'on titre avec de l'acide chlorhydrique une solution de sel d'un métal alcalin et d'un acide faible (Na_2CO_3 par exemple), cela aboutit à la formation d'un chlorure neutre de métal alcalin et d'un acide faible en état libre, la solution obtenue possède une réaction acide. La constante d'ionisation de cet acide étant connue, on peut calculer le *p*H de sa solution diluée qui sera obtenue au terme du titrage et choisir un indicateur convenable.

Lorsqu'on titre un acide fort avec une base forte (ou inversement) on obtient au terme du titrage une solution de sel neutre et non hydrolysable qui a le $p\text{H} \sim 7$. D'ailleurs, il n'est pas nécessaire d'utiliser l'indicateur changeant sa couleur au $p\text{H} \sim 7$, car même une goutte de réactif titrant

---

* Certains analystes estiment que *pT* se trouve juste au milieu du domaine de virage de l'indicateur.

déplace fortement le pH dans le domaine acide (si l'on titre avec l'acide) ou alcalin (si l'on titre avec la base). Dans de tels titrages on peut utiliser n'importe quel indicateur, mais si l'on titre avec un acide ou une base trop dilués (0,01 N par exemple) dont une goutte renferme très peu de réactif titrant, il faut éviter les indicateurs dont les domaines de virage sortent des limites de pH de 5 à 9.

Tableau 21

Dosage colorimétrique du pH des solutions

Pour un dosage colorimétrique du pH des solutions on n'utilise pas les indicateurs ayant les domaines de virage trop étroits. Les indicateurs bicolores y ont trouvé la plus large application, dans des domaines de pH assez étendus ils montrent les changements notables de teintes lorsque le pH varie de 0,1 à 0,2. On utilise également les indicateurs unicolores dont la couleur devient plus ou moins vive avec la variation du pH, tout en conservant sa teinte. Dans tous les cas on détermine la couleur de l'indicateur dans une solution à analyser et également dans une série de solutions tampons étalons au pH différent dont les valeurs sont trouvées préalablement par la méthode électrométrique. Le pH de la solution à analyser est égal à celui de la solution tampon dont la couleur est la plus proche de celle de la solution à analyser.

Au cours du dosage colorimétrique du pH on doit envisager des sources possibles des erreurs, en opérant le choix de l'indicateur, il faut en tenir compte.

a. Effet des sels parasites. Soit K_{ind} est constante d'ionisation de l'indicateur. Il en résulte que $K_{ind} = \frac{a_{H^+} a_{I^-}}{a_{HI}}$ où a_{I^-} est l'activité des anions formés par l'indicateur ; a_{HI}, l'activité de sa partie non dissociée. Dans cet exemple l'indicateur est un acide, mais si l'indicateur est une base, le raisonnement ultérieur reste valable. En effet, ayant remplacé les activités par les produits des concentrations par les coefficients d'activité, on obtient :

$$\frac{[HI]f_0}{[I^-]f_1} = \frac{a_{H^+}}{K_{ind}}$$

où f_0 est le coefficient d'activité d'une partie de l'indicateur colorée ou incolore non dissociée ; f_1, le coefficient d'activité des ions colorés ; les concentrations correspondantes sont indiquées entre crochets.

La coloration d'une solution est fonction du rapport $\frac{[HI]}{[I^-]}$, c'est la

raison pour laquelle les solutions ayant la même valeur de $\frac{[HI]}{[I^-]}$ ont le pH identique. Représentons l'expression donnée ci-dessus sous forme de

$$\frac{[HI]}{[I^-]}=\frac{a_{H^+}+f_1}{K_{Ind}f_0}$$

Si les solutions possèdent une force ionique différente, la valeur de f_1 sera également différente (la valeur de f_0 le sera aussi, mais on peut négliger ce point). Le coefficient d'activité des ions décroît avec l'augmentation de la force ionique de la solution, donc f_1 décroît aussi. Pour la coloration persistante, c.-à-d. pour le rapport $\frac{[HI]}{[I^-]}$ constant, la valeur de a_{H^+} doit être plus grande — la solution aura la même couleur en présence d'indicateur bien qu'elle soit plus acide. Par contre, pour une moindre force ionique de la solution f_1 augmente et de ce fait la valeur de a_{H^+} sera plus faible si la couleur de la solution ne varie pas. On détermine la valeur du pH des solutions tampons par la méthode électrométrique pour une force ionique égale à 0,1. Si la force ionique d'une solution à analyser est supérieure à 0,1 (la solution renferme une quantité importante de sels), la couleur de la solution sera celle de l'indicateur dans une solution tampon pour une acidité plus forte (le pH est plus faible). Il est donc nécessaire d'introduire une correction qui aurait dans ce cas une valeur négative. Si la force ionique d'une solution à analyser est inférieure à 0,1 (la solution ne renferme que peu de sels), cette dernière sera moins acide (le pH est plus élevé) et la couleur de l'indicateur sera celle d'une solution tampon ; la correction aura une valeur positive. Cette correction est appelée *correction de sel.* Il faut tenir compte de ce qu'elle *ne dépend pas uniquement* de la force ionique de la solution, mais aussi des propriétés individuelles de l'indicateur et du caractère des ions présents.

Si l'on utilise des indicateurs dont la forme acide est un ion monochargé et la forme basique, un anion bichargé (phénolphtaléine, sulfophtaléines), la correction sera alors plus importante que celle introduite dans le cas des indicateurs dont la forme acide est une molécule non dissociée et la forme basique, un anion monochargé (mononitrophénols). L'acide diméthylamino-azobenzosulfoné (orangé de méthyle) et l'acide diméthylamino-azobenzène-*o*-carboxylique (rouge de méthyle) donnent une erreur de sel très faible par suite de leur caractère amphotère, et c'est pour cette raison qu'ils présentent un certain avantage lorsqu'on effectue le dosage du pH dans des solutions ayant la teneur variable en sels. Si la force ionique de la solution est supérieure à 0,1, le caractère des ions formant les sels (valeur de leurs rayons ioniques) peut influer considérablement sur la valeur de la correction.

b. Effet du pouvoir tampon de la solution. Les indicateurs qu'on utilise pour doser le *p*H des solutions sont eux-mêmes des acides ou des bases. Si la solution à étudier ne possède qu'un faible pouvoir tampon (eau pure, solutions de sels neutres dans de l'eau pure, solutions d'acides et de bases très faibles, etc.), l'indicateur peut modifier essentiellement le *p*H de cette solution.

Si, par exemple, on ajoute 0,1 ml de solution aqueuse de rouge de méthyle à 0,04 % à 10 ml d'eau pure, cette quantité infime d'indicateur ($K_{ind} = 1 \cdot 10^{-5}$) fait varier le *p*H de l'eau de 7,0 à 5,0.

Pour éviter la variation du *p*H lors de son dosage dans des solutions tampons faibles, on peut y ajouter une solution d'indicateurs ayant un *p*H égal à celui de la solution à analyser. Fawcett et Akri * appellent de telles solutions *solutions isohydriques.* On a mis en évidence le fait que l'addition à une solution à faible pouvoir tampon de *n'importe quelle* quantité de solution isohydrique d'indicateur n'implique pas de variation du *p*H. Sur cet effet est basée la méthode du dosage du *p*H de solutions de ce type. On prépare une série de solutions d'indicateur aux *p*H variés et on ajoute de la solution à analyser à chacune de ces solutions. La solution d'indicateur qui ne virera pas sera isohydrique par rapport à la solution à analyser.

c. Erreur due aux protéines. Plusieurs substances protéiques exercent une influence importante sur les indicateurs et rendent le dosage du *p*H tout à fait impossible en leur présence. Cette influence des substances protéiques est spécifique et dépend autant du caractère d'une protéine présente que de l'indicateur. C'est pourquoi en présence de protéines il ne suffit pas de partir uniquement des résultats du dosage colorimétrique du *p*H, il est nécessaire de les vérifier par la méthode électrométrique.

d. Autres sources des erreurs. En présence de colloïdes et parfois de particules dispersées, le virage de l'indicateur peut se produire du fait que l'une de deux formes (« acide » ou « basique ») de l'indicateur est sorbée à la surface des particules. La constante d'ionisation varie également à l'interface air-liquide. C'est par ce fait que s'explique un phénomène souvent observé : lors de l'agitation d'une solution d'indicateur la couleur d'une mousse formée diffère de celle de la solution. Si la solution renferme des particules d'une autre phase présentant un degré plus élevé de dispersion, il faudra vérifier les résultats du dosage du *p*H en utilisant deux indicateurs différents (acide ou basique) ou en confrontant ces résultats avec ceux du dosage électrométrique.

La couleur de l'indicateur varie considérablement au *p*H constant si l'on ajoute à la solution un solvant non aqueux tel que alcool, acétone, etc., ou si l'on fait varier la température.

---

* Ind. Eng. Chem., An. Ed., 2, 78 (1930).

Tableau 40

Potentiels normaux d'oxydation par rapport au potentiel d'électrode normale à l'hydrogène à 25 °C

Si une lame en métal noble est immergée dans une solution renfermant un oxydant et le produit de sa réduction, une différence de potentiel apparait entre cette lame et la solution, que l'on appelle *potentiel d'oxydation d'un système donné.*

1. Pour le système qui est déterminé par l'équation

$$\text{oxydant} + ne \rightleftarrows \text{réducteur}$$

le potentiel d'oxydation par rapport au potentiel normal à l'hydrogène s'exprime par la formule

$$E=E^0+\frac{RT}{nF}\ln\frac{a_{Ox}}{a_{Réd}}$$

où R est la constante des gaz ;
T, la température absolue ;
n, le nombre d'électrons qui passent du réducteur à l'oxydant ;
F, le faraday = 96 500 C ;
a_{Ox} et $a_{Réd}$, les activités des ions oxydant et réducteur en solution.

En remplaçant les logarithmes naturels par les logarithmes décimaux et en substituant les valeurs des constantes dans l'équation, on obtient à 25 °C

$$E=E^0+\frac{0{,}0591}{n}\lg\frac{a_{Ox}}{a_{Réd}}$$

Si $a_{Ox}=a_{Réd}$, alors $E=E^0$. Le potentiel d'électrode immergée dans une solution renfermant les deux formes (oxydée et réduite) *pour leurs activités égales* est appelé *potentiel normal.*

2. Si la réduction d'un oxydant se déroule en présence d'ions hydrogène :

$$Ox+mH^{+}+ne=Red+qH_2O$$

alors

$$E=E^0+\frac{RT}{nF}\ln\frac{a_{Ox}\,a^{m}_{H^+}}{a_{Réd}}$$

Dans ce cas le potentiel dit normal sera celui d'une électrode immergée dans une solution renfermant les deux formes (oxydée et réduite) *pour leurs*

activités égales ainsi que les ions hydrogène *pour leur activité égale à l'unité*. Cela se rapporte aux systèmes tels que

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e \rightleftharpoons Mn^{2+} + 4H_2O$$

ou

$$VO_3^- + 4H^+ + e \rightleftharpoons VO^{2+} + 2H_2O$$

3. Si l'on détermine le potentiel entre le métal et la solution de son sel, c.-à-d. celui du système $Me^{n+} + ne \rightleftharpoons Me$ ($Zn^{2+} + 2e \rightleftharpoons Zn$, par exemple) et que l'activité d'une phase solide soit admise égale à l'unité, on aura :

$$E = E^0 + \frac{RT}{nF} \ln a_{Me^{n+}}$$

Alors $E = E^0$ pour $a_{Me^{n+}} = 1$. Le potentiel dit normal sera dans ce cas celui entre le métal et la solution de son sel lorsque l'activité d'ions métalliques est égale à l'unité.

4. Au cas où l'une ou les deux formes (oxydée et réduite) seraient des solides peu solubles ou des complexes, la quantité d'ions élémentaires qu'elles forment en solution sera très faible. Envisageons, par exemple, le système

$$AgCl + e \rightleftharpoons Ag + Cl^-$$

Pour ce système on aura :

$$E_{Ag^+, Ag} = E^0_{Ag^+, Ag} + \frac{RT}{F} \ln a_{Ag^+}$$

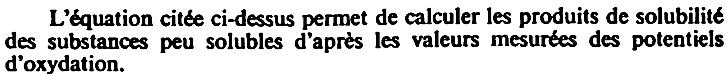
La valeur de a_{Ag^+}, l'activité des ions argent en solution, est une valeur très faible, dépendant du produit de solubilité du chlorure d'argent PS_{AgCl} et de l'activité des ions chlore en solution :

$$a_{Ag^+} = PS_{AgCl}/a_{Cl^-}$$

Si l'activité des ions chlorure est égale à l'unité, le deuxième membre de l'équation de potentiel prendra la forme :

$$E^0_{Ag^+, Ag} + \frac{RT}{F} \ln PS_{AgCl} = E^{0'}_{AgCl, Ag}$$

La valeur de $E^{0'}_{AgCl, Ag}$ est le *potentiel normal* du système AgCl/Ag. On peut le considérer comme potentiel qui se forme dans le système renfermant des solides ou des complexes et dans lequel tous les ions qui interviennent dans le processus se caractérisent par l'activité égale à 1, *sauf les ions élémentaires séparés par précipités ou par complexes.*



L'équation citée ci-dessus permet de calculer les produits de solubilité des substances peu solubles d'après les valeurs mesurées des potentiels d'oxydation.

Citons un exemple où intervient un complexe. Envisageons le système

$$Ag(CN)_2^- + e \rightleftarrows Ag + 2CN^-$$

Pour ce système on aura :

$$E_{Ag^+,Ag} = E^0_{Ag^+,Ag} + \frac{RT}{F} \ln a_{Ag^+}$$

La valeur de a_{Ag^+} est fonction de la stabilité du complexe $Ag(CN)_2$ et est définie par sa constante d'instabilité $K_{Ag(CN)_2^-} = \frac{a_{Ag^+} a^2_{CN}}{a_{Ag(CN)_2^-}}$. Si la solution à étudier renferme des ions libres CN^- et des ions complexes $Ag(CN)_2^-$ en concentrations pour lesquelles leurs activités sont égales à l'unité, on aura

$$K_{Ag(CN)_2^-} = a_{Ag^+}$$

il en résultera

$$E^0_{Ag^+,Ag} + \frac{RT}{F} \ln K_{Ag(CN)_2^-} = E^{0\prime}_{Ag(CN)_2^-,\,Ag}$$

Cette formule et les formules analogues permettent de calculer les constantes d'instabilité des complexes d'après les résultats de dosages potentiométriques. Dans le *Tableau 40* est donnée une série de potentiels normaux des systèmes qui renferment les précipités et les complexes solubles.

5. Si dans le système d'oxydo-réduction cité ci-dessus l'une de ses formes est un gaz, l'activité de ce gaz sera fonction de sa pression et l'on pourra déterminer le potentiel normal de l'électrode dans laquelle ce gaz se trouve sous 1 atm ; les ions formés au cours de la réduction (ou l'oxydation) du gaz possèdent en solution une activité égale à l'unité.

L'équation de potentiel $E = E^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{a_{Ox}}{a_{Réd}}$ comprend les *activités* des ions des formes oxydée et réduite, mais pas leurs concentrations. On voit donc que les valeurs des potentiels dans deux solutions pour les mêmes concentrations en ions des deux formes peuvent toutefois différer, si la teneur totale de ces solutions en sels et la force ionique liée à celle-ci sont différentes. Le potentiel, par exemple, du système $Ce^{4+} + e \rightleftarrows Ce^{3+}$ est égal à

$$E_{Ce^{4+},Ce^{3+}} = E^0_{Ce^{4+},Ce^{3+}} + \frac{RT}{F} \ln \frac{a_{Ce^{4+}}}{a_{Ce^{3+}}} = E^0_{Ce^{4+},Ce^{3+}} + \frac{RT}{F} \ln \frac{[Ce^{4+}]}{[Ce^{3+}]} \cdot \frac{f_4}{f_3}$$

où f_4 et f_3 sont les coefficients d'activité des ions Ce tétra et trichargés. f_4 décroît beaucoup plus rapidement que f_3 avec l'augmentation de la force ionique de la solution, tandis que la valeur de E diminue. Il importe toujours d'en tenir compte lorsqu'on utilise les potentiels d'oxydation pour les calculs et raisonnements liés aux divers problèmes de la chimie analytique où l'on opère avec des solutions à haute force ionique.

Dans le *Tableau 40* sont représentés les potentiels de divers éléments aux degrés de valence différents, les potentiels de passage immédiat d'une valence supérieure à une valence inférieure (V^{V}-V^{II}, par exemple) et les potentiels de passage à gradins (V^{V}-V^{IV}; V^{IV}-V^{III}; V^{III}-V^{II}). Ces potentiels sont liés entre eux par la *règle de Luther:* si un élément existe en trois degrés de valence m, n et p à condition que $m > n > p$, on aura :

$$(m-p)E^0_{m,p} = (m-n)E^0_{m,n} + (n-p)E^0_{n,p} ,$$

où $E^0_{m,p}$, $E^0_{m,n}$ et $E^0_{n,p}$ sont les potentiels normaux de passage de m à p, de m à n et de n à p. Par exemple, Fe existe sous forme d'ions Fe^{3+} (valence 3), d'ions Fe^{2+} (valence 2) et sous forme de métal (valence 0). Selon la règle de Luther on aura :

$$3E^0_{Fe^{3+}, Fe} = E^0_{Fe^{3+}, Fe^{2+}} + 2E^0_{Fe^{2+}, Fe}$$

Plusieurs potentiels dont la détermination expérimentale est difficile ou impossible ont été calculés selon la règle de Luther.

Index

Acétate
de n-butyle 392
d'étyle 396
d'iso-amyle 392
Acétone 392
Acide
acétique 396
— densité et concentration des solutions 199, 206
anthranilique 428
bromhydrique
— densité et concentration des solutions 206
— utilisation pour extraction 410
carminique 428
chlorhydrique
— densité et concentration des solutions 193-194
— utilisation pour extraction 410
chromotropique 245, 428
dichloro-2,7-chromotropique 428
éthylènediamine-tétracétique 345
fluorhydrique
— densité et concentrations des solutions 206
indigomonosulfonique 372
indigotétrasulfonique 372
indigotrisulfonique 372
iodhydrique
— densité et concentration des solutions 206
— utilisation pour extraction 410
naphtionique 249
naphtoldisulfonique 247, 248
nitrique
— densité et concentration des solutions 188-189
— utilisation pour extraction 410
perchlorique
— densité et concentration des solutions 197-199
N-phénylanthranilique 366
Acide
phénylarsonique 430
phénol-disulfonique-2,4 301
phosphorique
— densité et concentration des solutions 194-196
picrique 208
picrolanique 430
quinaldinique 430
quinique 245
resolique 222
rubéanique 430
salicylique 243, 430
sulfosalicylique 282
sulfurique 396
— densité et concentration des solutions 190-192, 206
thioglicolique 430
Acides
constante de dissociation 317
densités et concentrations des solutions 188-206
Acidimétrie 145
indicateurs 564-566
Acridine 246
Activité
coefficients 140-141
— pour la force ionique élevée 142
conversion du *p*H en 292
Albéron 430
Alcalimétrie 145
indicateurs 564-566
Alizarine 430
— S 216
Aluminon 430
Ammoniac
densité et concentration des solutions 204, 205
Analyse
gravimétrique
— facteurs analytiques et stœchiométriques 80-87, 550-552

Analyse
gazométrique 162
— calcul des résultats 162-185, 559-562
Aniline 392
Antilogarithmes 542-549
Arsazène 434
Arsénazo I 434
Arsénazo III 434
Azo-azoxy BN 436

Bases
— constantes de dissociation 317
Bathoplénanthroline 436
Benzène 392
Benzène-azo-diphénylamine 210
Benzidine 256
Benzoflavine 241
Benzopurpurine 4B 213
α-Benzoïnoxime 298, 436
α-Benziledioxime 436
Berrylon II 256, 438
Bi-2,2'-cinchoninate de potassium 438
Bis-salicylaléthylènediamine 438
Bleu
d'alizarine BS 229
de bromochlorophénol 215
de bromocrésol 217
— correction de sel 233
de bromophénol 215
— constante d'ionisation 235
— correction de sel 233
de bromothymol 221
— constante d'ionisation 235
— correction de sel 233
au chrome acide K 264
de glycinethymol 260
de méthylène 370
de méthylthymol 270
de Nil 228
de quinoléine 223
de thymol 211, 235
— constante d'ionisation 235
— correction de sel 233
variamine B 258
de xylénol 211
Bleu-noir
Eriochrome B 290
Bromatométrie
calcul des résultats 148
Bromobenzothiazo 438
Brucine 440
Butanol 392
n-Butalamine 392
Butylcellosolve 392

Cadion 297, 440
— S 440
Calcesr 262
Calcion 262
Calcone 262
Capacité
mesures 532
Carbonate de sodium
densité et concentration des solutions 205
Carboxy-arsénazo 440
p-Carboxygallanilide 440
Carmin d'indigo 231, 372
Cérimétrie
calculs des résultats 148
Chaleur
mesures 533
Chloroforme 396
Chromatométrie
calcul des résultats 148
Chromazurol S 286
Coefficients d'activité des ions 140-141
Colorant de Patton-Reeder 276
Colorations correspondant aux longueurs d'onde du spectre 376
Complexes
constante d'instabilité 225
Complexone III 442
Composés organiques
séparation 411-423
Constantes
de dissociation des acides et des bases 317
d'instabilité des ions complexes 326-345
d'ionisation des indicateurs 235
Correction(s)
de sel 567
due aux proteines 568
des indicateurs 233
Coumarine 249
o-Crésolindophénol 370
o-Crésolphtaléine 225
Crysoïdine 218
Cupferron 442
utilisation dans l'extraction 316
Curcumine 225, 442
Cyclohexane 396
Cyclohexanedionedioxime-1,2 442
Cyclohexanol 396
Cyclohexanone 396

Datiscétine 444
Davis
formule de 142
Décaline 392
Densité
des gaz et des vapeurs 142
des solutions 562-564
Dessiccation
des gaz 424
des liquides 425

Diallyldithiocarbamidohydrazine 444
Diamino-3,3'-benzidine 444
o-Dianizidine 368
Diantipyrylméthane 446
Dibromo-2,6-benzolindophénol 370
Dichlorobenzène 394
Dichloréthane 394
Dichloro-3,6-fluorescéine 253
Dichloro-2,6-phénolindophénol 370
Dicyanehydroquinone-2,3 247
Diéthyldithiocarbamate de sodium 446
Dihydroxy-3,6-phtalimide 246
p-Diméthylaminobenzylidène-rhodanine 446
p-Diméthylaminophénylfluorone 446
N, N'-Diméthylbiacridène 250
Diméthylglyoxime 448
Diméthylnaphteurhodine 244
Diméthyl-3,3'-naphtidine 260
Diméthyl-5,6-phénanthroline 368
α-Dinitrophénol 214, 234
    constante d'ionisation 164
β-Dinitrophénol 214, 234
    constante de dissociation 234
γ-Dinitrophénol 217, 234
    constante de dissociation 234
Dioxane-1,4 394
Diphénylamine 368
Diphénylaminosulfonate 368
Diphénylbenzidine 368
Diphénylcarbazide 253, 448
Diphénylcarbazone 448
Diphényl-1,3-propanedione-1,3 305
Dipicrylamine 448
Dipyridyle-2,2' 366, 448
Diquinolyle-2,2' 448
Diquinolyle-8,8'-disulfure 448
Dithiol 450
Dithizone 448
    utilisation dans l'extraction 398
Dosage
    colorimétrique 566-568
    volumétrique 184-185

Eau 392
    pression de vapeur 181
    produit ionique 232
Echelle des tamis 483
Electrode(s)
    au calomel 314, 315
    à goutte de mercure 484-488
    indicatrices 512-527
    normale à hydrogène 307
    à quinhydrone 313, 315
    potentiels 306
    — normaux 307
    de référence 307
    pour la surtension de l'hydrogène et de l'oxygène 528
Eléments radioactifs 20
Energie
    mesures 533
Eosine 243
Equivalent 553
    métrique 532-533
Equivalent-gramme 554
Equivalent-milligramme 554
Eriochrome-cyanine R 290, 450
Erythrosine 244
Esculine 242
Ethanol 396
Ethanolamine 396
Ethoxy-4-acridone 242
p-Ethoxycrysodiine 366
Ethyl-*bis*-(dinitro-2,4-phényle)-acétate 225
Ethylènediaminetétracétate de sodium 442
Ethylèneglycol 396
Eucrysine 3R 248
Extraction 398-410

Facteurs
    analytiques 80-87
    stœchiométriques 80-87
Floxine 243
Fluorescéine 245
Fluorexone 284
Formation des complexes 154-155
Furfural 396
α-Furyldioxime 452
Fuchsine 255

Gallion 452
Gallocyanine 452
Gaz
    dessiccation 424
    densités 182
    réduction du volume aux conditions normales 164-181
Glycérine 392
Glyoxal-*bis*-(hydroxy-2-anile) 258
Groupes analytiques de cations 30

Hémathoxyline 218
n-Hexane 392
Hydrogène
    surtension sur l'électrode 528
Hydroxocomplexes 316
Hygrostats
    préparation 426-427

Indicateurs
    acide-base 207
    d'absorption 252-256
    bicolores 235
    de chimiluminescence 250-251
    de comlexométrie 256-291

Indicateurs
constantes de dissociation 234
corrections de sel 233
de fluorescence 241-249
mixtes 236-238
d'oxydo-réduction 366-375
solution isohydrique 568
unicolores 234
universels 239-240
Indice
d'hydrogène Voir *p*H
de titrage *pT* 236-238
Iodéosine 218
Iodométrie
calcul des résultats 148
coefficients d'activité 142
Ions complexes 326-345
mobilité 346

Jaugeage de verrerie 143-144
Jaune
d'alizarine GG 229
d'alizarine R 213
d'alizarine RS 229
métanile 210
de méthyle 214
de naphtol 272
de nitrazine 220
de titane 452

Liquides
dessiccation 425
Logarithmes 534-541
Longueur
mesures de 532
Lophine 250
Lucigénine 251
Luminol 251
Lumogallion 454
Lumomagnéson 454
Luther
règle de 572

Magnéson 268
CIS 454
Masse
mesures 532
Masses
atomiques 31
moléculaires 31
Mercaptobenzthiazole 454
Mercaptophénylthio-thiodiazolone 456
Mercapto-8-quinoléine
sel sodique 456
Méthanol 394
Méthylcellosolve 394
Méthyléthylcétone 394
Méthylisobutylcétone 394
β-Méthylombelliférone 241
Méthodes photométriques de dosage des divers ions 377-391
Mobilité des ions 346
Monochlorobenzène 396
Morine 248, 456
Muréxide 272, 456

β-Naphtol 247
α-Naphtolbenzoïne 207
α-Naphtolphtaléine 224
β-Naphtoquinoléine 246, 456
α-Naphtylamine 245
β-Naphtylamine 244
Naphtylaminesulfamide-1,5 242
Naphtylazoxine 272
Nitchromazo 458
Nitrobenzène 394
Nitron 458
Nitro-*o*-phénanthroline 366
m-Nitrophénol 223, 234
constante d'ionisation 234
p-Nitrophénol 221, 234
constante d'ionisation 234
o-Nitrophénol 219
α-Nitroso-β-naphtol 458
β-Nitroso-α-naphtol 460
Noir
au chrome acide spécial 266
Eriochrome T 290
Normalité 553

Octane 394
Ombelliférone 247
Orangé
d'acridine, base de 195
de benzyle 213
de diphényle 164
G 230
de méthyle 215, 235
— constante d'ionisation 235
— correction de sel 233
xylénol 268
Oxydants 148
Oxydo-réduction 148
calcul des résultats 148-153
Oxygène
surtension sur l'électrode 528
Oxyquinoléates 408-409
8-Oxyquinoléine 460
utilisation dans l'extraction 408

Patton-Reeder
colorant de 276

*p*H
conversion en activité des ions hydrogène 292
dosage colorimétrique 233
— électrométrique 311-315
de précipitation des hydroxydes de métaux 316
Phénanthroline-1,10 360, 460
Phénazo 460
Phénolphtaléine 226
correction de sel 233
Phénosafranine 255, 374
Phénylfluoron 462
Point équivalent 565
Potasse
densité et concentration des solutions 200-201
Potentiels
de décomposition 530
des demi-vagues polarographiques 484-489
d'électrode 306-310
— détermination 306
— de référence 307
d'ionisation 27-29
ioniques des cations 30
normaux 307
— d'oxydation 347-365, 569-572
Pourpre
de bromocrésol 220, 235
— constante d'ionisation 235
— correction de sel 233
de *m*-crésol 210
Pouvoir tampon des solutions 568
Précipitation
des complexes 154-155
des hydroxydes de métaux 316
Produit
ionique d'eau 232
de solubilité 125
Propanol 394
Puissance
mesures 533
Purpurine 462
Pyridine 394
(Pyridyl-2-azo)-1-naphtol-2 274
(Pyridyl-2-azo)-4-résorcine 276
Pyrogallol 462

Quinalizarine 462
Quinine 245

Rayons ioniques 21-26
Réactifs
densité et concentration 206
dissimulants 158
organiques 428-482
Réducteurs 149
Règle(s)
de calcul 9-14
de Luther 572
Rhodamine 6G 254
Rose
bengale 252
d'hydroxyhydroquinone 274
Rouge
d'alizarine S 216, 252, 464
de bromophénol 219
de bromopyrogallol 258
de chlorophénol 219, 235
— constante d'ionisation 235
Congo 216
de crésol 209, 224
Eriochrome B 290
Eriochrome RE 264
de méthyle 217
— constante d'ionisation 235
— correction de sel 233
de α-naphtyle 217
neutre 222
pentaméthoxy 211, 234
— constante d'ionisation 234
de phénol 223, 235
— constante d'ionisation 235
— correction de sel 233
de pyrogallol 278
de quinaldine 234
— constante d'ionisation 234

Safranine T 374
Salicylal-*o*-aminophénol 466
Salicylaldoxime 466
Sel-nitroso R 466
Séparation
des composés organiques 411-423
des mélanges 422-423
Solubilité
dans l'eau 89
dans les solvants organiques 120-124
Solutions
absorbantes 181
— pression de vapeur 181
concentration 188-205
densités 188-205
force ionique 142
mise en titre 554
normalité 553
tampons 293-302
— acéto-acétiques 303
— à partir des substances individuelles 305
— universels 304
Solvants 392, 398-403
Sonde
densité et concentrations des solutions 202-204

SPADNS 280
Spectre
  longueurs d'onde 376
SS-acide 249
Stilbazo 466
Stilbexon 468
Sulfarsazène 280, 468
Sulfonazo 282, 468
Sulfosalicylate de sodium 470
Sulfure de carbone 396
Surtension de l'hydrogène et de l'oxygène 528

Tanin 470
Tartrazine 254
Tétrachlorure de carbone 396
Tétraline 396
Tétraphénylborate de sodium 470
Thio-acétamide 470
Thionalide 472
Thionine 370
Thio-urée 284, 472
Thymolphtaléine 227
  correction de sel 235
Thymolphtalexone 282
Thymolsulfophtaléine 233
Tirone 284
Titrage
  acide-base 145
  — calcul des résultats 145
  ampérométrique 490-511
  — avec deux électrodes indicatrices 512-527
  indicateurs 207-231, 564-566

o-Tolidine 472
Toluène 396
Toron 284, 472
Tosylamino-8-quinoléine 474
Tournesol 217
Trinitro-1,3,5-benzène 231
Trinitro-2,4,6-toluène 230
Tropéoline 0 229
Tropéoline 00 211
Tropéoline 000 225

Vapeurs
  densité 182
Vert
  brillant 474
  de chromoxane GG 288
  de diamine 225
  foncé au chrome acide G 264
  malachite 209
  de méthyle 208
Violet
  cristallisé 474
  de méthyle 207, 209, 211, 474
  de β-naphtol 228
  de pyrocathéchol 278
Volume
  mesures 532

Xylène 394
p-Xylénolphtaléine 225

Zincon 288
Zirconon 476

L'équilibre chimique et les vitesses des réactions sous hautes pressions

Cette monographie due au professeur M. Gonikberg, docteur ès sciences chimiques, est consacrée aux principes théoriques du déroulement des réactions chimiques sous hautes pressions.

De nombreux exemples illustrent l'influence exercée par la pression sur l'équilibre et la vitesse des réactions. Certains nouveaux effets des hautes pressions en chimie sont également examinés: accélération considérable des réactions en cas d'empêchement stérique; reconstruction des nuages électroniques des atomes de certains éléments; synthèse des diamants artificiels et d'autres minéraux.

Une attention particulière est accordée à la vitesse des processus chimiques complexes, à la composition de leurs produits, notamment à la réaction de polymérisation.

Le livre traite également de l'application des hautes pressions pour l'étude de la structure et des propriétés des complexes activés et du mécanisme réactionnel.

Cet ouvrage présentera certainement un intérêt pour de nombreux lecteurs préoccupés par les problèmes modernes de la chimie. Il sera également utile aux chercheurs travaillant dans ce domaine.